

Die
Ergebnisse
einer
Untersuchung
von
Wirtschaftsdüngern
in
Oberösterreich

von

K. Aichberger
Bundesamt für Agrarbiologie

unter Mitarbeit von

H. Döberl, Amt der OÖ. Landesregierung
A. Eibelhuber, Bundesamt für Agrarbiologie
J. Froschauer, Landwirtschaftskammer für Oberösterreich
G. Hofer, Bundesamt für Agrarbiologie

Linz, im März 1995

Projektträger und -konzeption:

Amt der Oö Landesregierung, Abt. Umweltschutz
 Bundesamt für Agrarbiologie, Abt. Bodenuntersuchung und Bodenschutz
 Landwirtschaftskammer für Oberösterreich, Bodenschutzberatung

Probenauswahl:

Mag. A. Mühlberger, Amt der Oö Landesregierung, Statistischer Dienst
 Ing. H. Döberl, Amt der Oö Landesregierung, UA Abfallwirtschaft

Probengewinnung:

Dipl.-Ing. H. Feitzlmayr, Ing. J. Froschauer, J. Recheis, Landwirtschaftskammer für
 Oberösterreich, Bodenschutzberatung
 K. Binder, C. Brandstötter, Ing. H. Döberl, Amt der Oö Landesregierung, UA Ab-
 fallwirtschaft

Probenaufbereitung und chemische Analytik:

Ing. G. Hofer, Ing. R. Etzelt, H. Pichler, H. Heindl, U. Gruber, F. Kaar,
 Bundesamt für Agrarbiologie
 Dr. S. Sperker, H. Kaineder, Amt der Oö Landesregierung, UA Lärm- und
 Strahlenschutz

Statistik und graphische Gestaltung:

Dipl. Ing. A. Eibelhuber, U. Gruber, A. Hofner, Bundesamt für Agrarbiologie
 Mag. A. Mühlberger, Amt der Oö Landesregierung, Statistischer Dienst

Textverarbeitung:

M. Stocker, K. Mayrbäurl, Bundesamt für Agrarbiologie

Auswertung und Berichtsverfassung:

Dr. K. Aichberger unter Mitarbeit von:
 Ing. H. Döberl, Dipl. Ing. A. Eibelhuber, Ing. J. Froschauer u. Ing. G. Hofer

Medieninhaber: Land Oberösterreich

Herausgeber: Amt der Oö Landesregierung, Abt. Umweltschutz, UA Abfallwirtschaft (Eigenverlag)

Für nomenklatorische Zwecke ist diese Veröffentlichung wie folgt zu zitieren:

K. Aichberger unter Mitarbeit von H. Döberl, A. Eibelhuber, J. Froschauer und G. Hofer: Die Ergebnisse einer Untersuchung von Wirtschaftsdüngern in Oberösterreich. Schriftenreihe der Abt. Umweltschutz 7/95; Hrsg. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung; Linz, 1995.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	Seite 4
2. Material und Methoden	Seite 4
2.1 Werbung der Proben, Probennahme, Probengewinnung	Seite 4
2.2 Analysenmethoden.	Seite 5
3. Untersuchungsergebnisse.	Seite 6
3.1 Allgemeines.	Seite 6
3.2 Gehalte an Trockensubstanz, organischer Substanz und Nährstoffen	Seite 6
3.3 Gehalte an Spurenelementen und Schwermetallen	Seite 8
3.4 Gehalte an Radionukliden.	Seite 9
4. Nährstoff- und Schwermetalleinträge durch Wirtschaftsdünger.	Seite 9
5. Zusammenfassung.	Seite 10
6. Literatur.	Seite 12
Tabellen	Seite 13
Anhang	Seite 21

1. Einleitung

In Oberösterreich, einem Land mit über 70 % viehhaltenden landwirtschaftlichen Betrieben und einem durchschnittlichen Viehbesatz von 1,2 GVE/ha (FÜRST und FORSTNER, 1991), fallen jährlich beträchtliche Mengen an wirtschaftseigenen Düngern an. Die gesamte registrierte Tierhaltung Oberösterreichs von derzeit über 3 Mio. Hühner, 1,1 Mio. Schweine, 750.000 Rinder, über 50.000 Schafe und Ziegen, 12.000 Pferde und ca. 200.000 Puten, Enten und Gänse (ÖSTAT, 1993) entspricht nach den Vorgaben des österreichischen Wasserrechtsgesetzes rund 750.000 Dungeinheiten. Die Nährstoffversorgung der Pflanzenbestände durch Wirtschaftsdünger spielt damit eine große Rolle. Österreichweit wird die Nährstoffzufuhr über Wirtschaftsdünger sogar höher eingeschätzt als durch Mineraldünger (SCHECHTNER und Ma., 1991). Der Nährstoffwert der allein in Oberösterreich anfallenden Wirtschaftsdünger beträgt nach dem derzeitigen Reinnährstoff - Preisniveau (Dez. 1994) etwa 600 Millionen Schillinge (FROSCHAUER, 1994) und ist damit rund doppelt so hoch als der Geldwert der zugekauften Mineraldünger.

Die bedarfsgerechte Düngung, wie die Anpassung der Düngermenge an den Nährstoffbedarf der Pflanzen und die Wahl des geeigneten Ausbringungszeitpunktes, ist die Grundvoraussetzung für eine entsprechende Pflanzenqualität und den wirtschaftlichen Erfolg des Landwirtes einerseits, sowie für eine weitgehende Schonung der Umwelt bzw. des Grundwassers andererseits. Um nun Wirtschaftsdünger bedarfsgerecht anwenden zu können, müssen deren Inhaltstoffe, konkret die enthaltenen Mengen an Nähr- und Schadstoffen, möglichst genau bekannt sein. Ein Ziel des gemeinsamen vom Amt der OÖ. Landesregierung, Abteilung Umweltschutz, des Bundesamtes für Agrarbiologie und der Bodenschutzberatung der OÖ. Landwirtschaftskammer durchgeführten Projektes war, möglichst umfassende aktuelle Daten über die stoffliche Zusammensetzung von Wirtschaftsdüngern zu erarbeiten, wie sie unter heutigen Produktionsbedingungen in der landwirtschaftlichen Praxis Oberösterreichs anfallen.

2. Material und Methoden

2.1 Werbung der Proben, Probennahme, Probengewinnung

Die Auswahl der am ggst. Projekt teilnehmenden landwirtschaftlichen Betriebe erfolgte über ein Betriebsregister, das beim Statistischen Dienst des Landes Oberösterreich geführt wird. Damit ein Betrieb in die engere Auswahl gelangen konnte, waren folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- Der Viehbesatz mußte > 15 GVE betragen
- Die reduzierte landwirtschaftliche Nutzfläche mußte > 15 ha sein
- Es mußte sich um einen Vollerwerbsbetrieb handeln
- Der Betriebsleiter durfte nicht älter als 45 Jahre sein

Für jede gewünschte Tiergruppe stand somit eine bestimmte Anzahl an Betrieben zur Verfügung. Aus diesem Bestand wurden dann nach dem Zufallsprinzip 30 Betriebe je Tiergruppe ausgewählt und zur Teilnahme eingeladen. Bei den Tiergruppen Legehennen und Mastgeflügel konnte keine repräsentative Stichprobe bzw. Anzahl an Teilnehmern gewonnen werden. Die Teilnehmer wurden ersucht, die Proben vor Ausbringung des Wirtschaftsdüngers selbst zu entnehmen, da hierbei eine ausreichende Homogenisierung (insbesondere bei Gülle), die auch im Interesse des Landwirtes

sein mußte, vorausgesetzt werden konnte. Dazu erhielten alle Teilnehmer eine genaue Anleitung, entsprechende Probenbehälter sowie einen Fragebogen, mit dem betriebs- bzw. düngerelevanten Daten erhoben wurden. Insgesamt wurden 146 Gülle- und 75 Festmistproben bei rund 200 landwirtschaftlichen Betrieben entnommen.

Die Entnahme der Düngerproben durch die Projektträger selbst war aus arbeitsorganisatorischen Gründen nicht möglich. Die Proben wurden jedoch vor Ort von Mitarbeitern der OÖ. Bodenschutzberatung und des Amtes der OÖ. Landesregierung, Abteilung Umweltschutz, abgeholt.

Von folgenden Tiergruppen wurden Gülle- und Festmistproben entnommen:

- Milchvieh
- Mastrinder
- Zuchtschweine
- Mastschweine
- Legehennen
- Mastgeflügel

Die Wirtschaftsdüngerproben wurden in anonymisierter Form der Untersuchungsstelle übergeben. Proben, die nicht eindeutig einer der oben angeführten Tiergruppe zugeordnet werden konnten bzw. die sich nach Rücksprache mit dem jeweiligen Betriebsleiter als "mit Jauche verdünnt" herausgestellt hatten, wurden in der vorliegenden Auswertung nicht berücksichtigt.

2.2 Analysenmethoden

Die Untersuchung der Wirtschaftsdüngerproben erfolgte nach entsprechenden ÖNORMEN oder anerkannten Methodenvorschriften der Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten Österreichs. Ein spezielles Problem im Vorfeld der chemischen Analytik stellte die Homogenisierung der ins Labor angelieferten Proben dar. Die Proben wurden generell bei +4° C gelagert und unmittelbar vor der Untersuchung homogenisiert. Dies erfolgte im Falle der Gülleproben mit einem Ultraturrax - Dispergiergerät und einem handelsüblichen Cutter mit Schneide- und Rührvorrichtung für Festmistproben.

Die Trockensubstanz wurde durch Trocknen der Proben bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz ermittelt. Durch Veraschen der Trockensubstanz bei 550° C über 10 Stunden wurde der Glühverlust bzw. die organische Substanz in der Trockensubstanz bestimmt.

Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgte bei Gülle im Zentrifugat der Analysenprobe, bei den Festmistproben in einer 1:10 Mist/Wasser-Suspension mittels pH-Meter.

Der Stickstoffgehalt umfaßt die Summe aller N-Formen nach einem Kjeldahlaufschluß ausschließlich des Nitratanteils, der bei organischen Düngern allerdings unerheblich ist. Die Bestimmung erfolgte titrimetrisch nach Destillation der Aufschlußlösung mit 30%iger Natronlauge. Der Ammoniumanteil wurde in Gülleproben durch Destillieren eines Probenaliquotes (Zentrifugat) bestimmt, bei Mistproben in einem 1:10 Wasserextrakt unter Bezugnahme auf die Originalprobe.

Die Nährstoffe Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium stellen im wesentlichen Gesamtgehalte dar und wurden nach einem Salpetersäure/Salzsäure-Aufschluß mittels ICP-AES bestimmt. Die Bestimmung der übrigen Elemente respektive Schwermetalle erfolgte größtenteils mit ICP-AES (bei sehr niedrigen Konzentrationen auch mittels Graphitrohr-AAS) aus der

Salpetersäure/Salzsäure-Aufschlußlösung. Quecksilber wurde atomabsorptionsspektrometrisch nach dem Kaltdampfverfahren bestimmt.

Die Bestimmung der Radionuklide Cäsium-137 und Kalium-40 erfolgte gammaspektrometrisch mittels Germaniumdetektor, bei Registrierung der Spektren mit einem Vielkanalanalysator der Type Canberra Syst. 100.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1 Allgemeines

In den Tabellen 1 bis 5 sind die Nährstoffwerte und Spurenelement- bzw. Schwermetallgehalte der untersuchten Wirtschaftsdünger Oberösterreichs zusammengefaßt dargestellt. In der generellen Auswertung wurde nach Gülle und Festmist der Tierarten Rinder, Schweine und Geflügel unterschieden. Eine weitere Differenzierung nach Gruppen innerhalb der Tierarten wie Milchvieh, Mastrinder oder Mast- und Zuchtschweine ist dem Tabellenanhang bzw. den Box-plot-Grafiken zu entnehmen. Sämtliche Ergebnisse der beschreibenden Statistik, wie die Berechnung von Mittelwerte, Mediane, Minima, Maxima oder die graphische Darstellung dieser Werte anhand von Box-plots und Häufigkeitsverteilungen wurden mit dem Programmpaket SPSS durchgeführt.

Die Nährstoffgehalte der Wirtschaftsdünger sind zwecks besserer Vergleichbarkeit untereinander sowohl auf die Trockensubstanz bezogen angegeben, als auch auf Basis der Originalprobe, da dies die praxisrelevante Bezugsgröße ist. Wenn im folgenden die einzelnen Bestimmungsparameter der verschiedenen Wirtschaftsdünger beurteilt bzw. nach Tiergruppen verglichen werden, soll vorweg auf die sehr geringe Probenanzahl und die daraus resultierende mangelnde Repräsentanz bei Geflügelgülle und Geflügelmist hingewiesen werden.

In den einzelnen Übersichtstabellen sind von den Untersuchungsparametern stets die arithmetischen Mittelwerte (MW), der Median (Med) und die Streubreite (Minimum - Maximum) angegeben. Die abweichenden Ergebnisse von Einzeluntersuchungen kommen insbesondere in der Streubreite zum Ausdruck. Diese Schwankungsbreite ist bei sehr vielen Parametern unabhängig von der Düngerart hoch und wird durch Untersuchungen anderer Autoren immer wieder bestätigt (SÜß und WURZINGER, 1983; DEUTSCH, 1991; HUMER, 1994). Konkret betragen die Unterschiede zwischen dem größten und kleinsten Wert in Abhängigkeit vom Parameter häufig das 5 bis 10fache und bei den Schwermetallen zum Teil noch mehr. Eine wesentliche Erkenntnis aus dieser Tatsache wäre, daß bei der Anwendung von Wirtschaftsdüngern deren Zusammensetzung genau bekannt sein sollte, um sie von Fall zu Fall spezifisch, bedarfsgerecht und umweltschonend einsetzen zu können.

3.2 Gehalte an Trockensubstanz, organischer Substanz und Nährstoffen

Der Trockensubstanzgehalt der Gülle - und Stallmistproben ist naturgemäß sehr unterschiedlich und hängt von der Art der Tiere, der Fütterung, vom Wasserzulauf in die Lagerstätten und von der jeweiligen Haltungsweise ab. Nach VETTER und STEFFENS (1986) werden insbesondere die Nährstoffgehalte der Gülle in starkem Maße durch den Trockensubstanzwert bestimmt. Besonders die Stickstoff- und Phosphatgehalte weisen enge positive Beziehungen zur Trockensubstanz auf. In der gegenständlichen Untersuchung wurden die höchsten durchschnittlichen Trockensubstanzwerte für Geflügelgülle und Geflügelmist festgestellt.

Die durchschnittlichen Gehalte an organischer Substanz liegen bei Gülle und Mist im Bereich zwischen 60 und knapp über 70 % in der Trockensubstanz, wobei auffällt, daß die Dünger aus der Schweine- und Geflügelhaltung deutlich niedrigere Durchschnittswerte bei höheren Mineralstoffgehalten aufweisen.

Im pH-Wert differieren Gülle und Mist um eine Größenordnung (Gülle: 7,0 - 8,0; Festmist: 8,0 - 9,2), bei relativ einheitlichen Werten zwischen den Tierarten. Die sehr unterschiedlichen pH-Werte bei Gülle - und Festmistproben kommen auch in der Häufigkeitsverteilung und in der Box-plot-Darstellung deutlich zum Ausdruck (siehe Anhang).

Die Bestimmung des Stickstoffs nach Kjeldahl beinhaltet den mehr oder weniger schwer und leicht mineralisierbaren, organisch gebundenen Stickstoff und den bereits mineralisierten Ammoniumstickstoff und stellt praktisch - da der Nitrat-Anteil nur von marginaler Größe ist - den Gesamt-N dar. Die Gehalte schwanken stark und sind nach Tierart und Düngerart unterschiedlich. Bezogen auf die Trockensubstanz enthalten Gülleproben deutlich mehr Stickstoff als Festmist, wobei vor allem die hohen Durchschnittswerte von Geflügel- und Schweinegülle von über 10 bzw. 12 % i. d. TS auffallen. Die Ammonium-N-Werte in der Güllefrischsubstanz betragen oft mehr als 50 % des Gesamtstickstoffs und sind wiederum bei Schweine- und Geflügelgülle deutlich höher. In Mistproben ist der leicht lösliche Ammonstickstoff dagegen signifikant niedriger.

Die Phosphor- und Kaligehalte (angegeben als P_2O_5 und K_2O) der Wirtschaftdüngerproben schwanken ebenfalls stark (bei Gülle mehr als Mist) und hängen insbesondere von den Gehalten der Futtermittel bzw. den Fütterungsgewohnheiten ab. Hohe Phosphatwerte finden sich vor allem in Schweine- und Geflügelgülle (durchschnittlich 8 % P_2O_5 i. d. TS), aber auch in den Festmistproben dieser Tierarten. Die Gehaltsdifferenzen zwischen den Tierarten kommen besonders deutlich in der Box-plot-Darstellung und in der 2-gipfeligen Häufigkeitsverteilung der Werte zum Ausdruck (Anhang). Auf Grund des höheren Harnanteiles weisen Gülleproben bezogen auf die Trockensubstanz 2 bis 3fach höhere Kaligehalte als Festmist auf. Die Unterschiede zwischen den Tierarten sind dabei nicht nennenswert. Von den übrigen Nährstoffen fällt besonders der hohe Calciumgehalt in Geflügelgülle und -mist auf, der durch Kalk- bzw. Calciumzusätze zu Futtermitteln verursacht sein dürfte.

Die ermittelten Nährstoffgehalte oberösterreichischer Gülle- und Festmistproben belegen, daß wirtschaftseigene Dünger effektiv "Mehrnährstoffdüngemittel" darstellen. In verschiedenen Arbeiten wird hingewiesen, daß ein bedeutender Anteil an aufgenommenen Mineralstoffen von den Tieren wieder ausgeschieden wird und dies umso mehr, wenn Tiere über ihren Bedarf hinaus mit Kraftfutter und Mineralstoffen versorgt werden (FURRER und STAUFFER, 1975; LANDECREMER, 1978; RUPPERT und Ma., 1985). Ein Vergleich der Daten mit neueren Untersuchungsergebnissen aus dem benachbarten In- und Ausland bestätigt im großen und ganzen die von uns ermittelten Werte. So werden im besonderen auch die auffällig hohen Nährstoffgehalte von Schweinegülle durch umfangreiche Erhebungen in Niederösterreich (HUMER, 1994), der Steiermark (DEUTSCH, 1991), aus Bayern (SÜSZ und WURZINGER, 1983; MÜLLER, pers. Mitt.) und der Schweiz (MENZI und HALDEMANN, 1993) belegt. Die höheren Mineralstoffwerte in Düngern aus der Schweine- und Geflügelhaltung resultieren wahrscheinlich daher, daß in der Regel diesen Tierarten neben nährstoff- bzw. energiereicherem, wirtschaftseigenem Futter meist zugekaufte Mineralstofffuttermittel verabreicht werden. Ein Vergleich der in unserer Untersuchung festgestellten Nährstoffgehalte mit häufig zitierten Faustzahlen oder tabellarischen Standardwerken (VETTER und STEFFENS, 1986; SCHECHTNER und Ma., 1991) ist auf Grund der

divergierenden Trockensubstanzangaben nur schwer möglich (Tabellenwerte weichen von den praktischen Untersuchungsdaten teilweise beträchtlich ab). Während die Nährstoffwerte für Gülle und Mist aus der Rinderhaltung mit den Faustzahlen einigermaßen gut vergleichbar sind, wird Schweinedung bei Stickstoff, Phosphor und Kalium generell niedriger bewertet als dies in den neueren Untersuchungen festgestellt wurde.

3.3 Gehalte an Spurenelementen und Schwermetallen

Im Zuge der Berechnung von Stoffflüssen und Stoffbilanzen ist heute auch die Kenntnis der Spurenelement- bzw. Schwermetallgehalte von Hofdüngern wichtig. Aus Mangel an geeigneten Analyseverfahren existierten bis vor wenigen Jahren noch kaum Angaben über Mikroelementgehalte in Wirtschaftsdüngern. Da aber, wie bei den Hauptnährstoffen, über die Fütterung bestimmte Mengen an Spurenelementen und Schwermetallen aufgenommen und größtenteils über die tierischen Exkremente wieder ausgeschieden werden, ist das Wissen um das Auftreten dieser Stoffe auch in Wirtschaftsdüngemitteln von Bedeutung. Im Rahmen des gemeinsamen Projektes wurden daher insbesondere solche Schwermetalle zur Untersuchung ausgewählt, die im Hinblick auf das O.Ö. Bodenschutzgesetz, 1991 bzw. diverse Frachtenregelungen in Zusammenhang mit der Klärschlamm- und Kompostausbringung immer wieder genannt werden. Es sind dies die Elemente Eisen (Fe), Mangan (Mn), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Bor (B), Cobalt (Co), Nickel (Ni), Chrom (Cr), Blei (Pb), Cadmium (Cd) und Quecksilber (Hg). Den Übersichtstabellen 3 und 4 sind wiederum die durchschnittlichen, mittleren, kleinsten und größten Gehalte an Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern zu entnehmen. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, sind die Spannen zwischen den tiefsten und höchsten Gehalten elementspezifisch unterschiedlich und teilweise sehr hoch. Der Medianwert liegt in den meisten Fällen etwas tiefer als der Mittelwert, welches ein Zeichen dafür ist, daß einzelne Werte deutlich höher als die Mehrzahl der Daten liegen (leicht rechtsschiefe Verteilungen).

Die Schwermetallgehalte bezogen auf die Trockensubstanz sind in den Gülle- und Festmistproben der gleichen Tierart annähernd gleich. Die gefundenen Konzentrationen decken sich außerdem weitgehend mit Untersuchungsergebnissen, die in jüngster Zeit aus Deutschland und der Schweiz berichtet werden (SEVERIN und Ma., 1990; MÜLLER und Ma., 1993; MENZI und HALDEMANN, 1993). Die Gehalte an Eisen, Mangan, Zink und Kupfer liegen durchwegs im Bereich von > 100 mg/kg TS (mit Ausnahme der Kupferwerte in Rinderdünger), die der Elemente Kobalt, Molybdän, Nickel, Chrom und Blei knapp über oder unterhalb 10 mg/kg und für Cadmium und Quecksilber größtenteils < 1 mg/kg TS. Schweine- und Geflügelgülle weisen durchwegs höhere Schwermetallgehalte als Rindergülle auf, während dies bei Festmist nicht so deutlich zum Ausdruck kommt. Auffallend erweisen sich die mit Abstand höchsten Kupfer- und Zinkgehalte in Schweinegülle. Die Werte betragen das 6 bis 10fache derer von Rindergülle. Die im Anhang dargestellten Häufigkeitsverteilungen zeigen sogar 2-gipfelige Kurven, die auf unterschiedliche Grundgesamtheiten im Datenkollektiv (Rindergülle- Schweinegülle) hindeuten. Ebenso treten bei Schweinemist die höchsten Kupfer- und Zinkwerte auf. Die Kupfer- und Zinkwerte von Geflügeldünger liegen zwischen denen von Schweine- und Rinderdung.

Im Vergleich der durchschnittlichen Schwermetallgehalte von Hofdünger mit den zur landwirtschaftlichen Verwertung geeigneten Klärschlämmen weist Schweinegülle die höchsten Kupfer- und Zinkkonzentrationen bezogen auf die Trockensubstanz auf. In etlichen Fällen werden sogar die Grenzwerte nach der O.Ö. Klärschlammverordnung (Cu:400 mg/kg TS; Zn:1600 mg/kg TS) erreicht oder überschritten, welches ebenfalls aus der Häufigkeitsverteilung (siehe Anhang) ersichtlich ist. Ursache für die hohen Kupfer- und Zinkgehalte in Schweinegülle dürfte der Zusatz dieser Spurenelemente zum Futter sein. So beeinflussen höhere Kupferzusätze besonders bei Ferkeln die Futtermittelverwertung und Zuwachsleistung günstig. Nach der früheren Futtermittelverordnung durfte beispielsweise Schweine - Alleinfuttermitteln (für Tiere < 16 Wochen) bis zu 200 ppm Cu zugesetzt werden. Diese erlaubten Zusätze wurden in der novellierten Verordnung vom April 1994 bereits deutlich reduziert. Wieweit aufgrund der neuen Regelung die Anreicherung von Kupfer und Zink in Wirtschaftsdüngemitteln zurückgeht, konnte in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht werden, da sämtliche Proben noch vor dem Inkrafttreten der neuen Verordnung entnommen wurden.

Die Gehalte der übrigen Schwermetalle wie Blei, Nickel, Chrom, Cadmium und Quecksilber sind in Hofdünger allerdings deutlich niedriger als in Klärschlamm und stellen kein unmittelbares Anreicherungsproblem dar. Im Gegensatz zu Erfahrungen aus der Schweiz (MENZI und HALDEMANN, 1993), wurden von uns in Gülle- und Festmistproben aus der Rinderhaltung keine höheren Bleiwerte festgestellt, welche eventuell auf einen erhöhten Raufuttermittelverzehr bei dieser Tiergruppe zurückzuführen wären.

3.4 Gehalte an Radionukliden

Im Rahmen dieses Projektes wurden bei 12 Rindergüllen der Aktivitätsgehalt des anthropogen bedingten Radionuklides Cs-137 und des natürlich vorkommenden Nuklides Kalium-40 gemessen. Da Rinder Cäsium-137 im Vergleich zu Schweinen kaum resorbieren und vorwiegend mit Grünfütterung gefüttert werden, kamen ausschließlich Proben dieser Tierart zur Analyse. Es wurde versucht, die Proben gleichmäßig über Oberösterreich verteilt auszuwählen. Die festgestellten Gehalte liegen im Bereich der Bestimmungsgrenze und sind als sehr niedrig einzustufen (Cs-137: 0,5 - 9,4 Bq/kg; K 40: 67 - 175 Bq/kg; siehe auch Tab. 6). Eine nennenswerte anthropogene Beeinflussung ist daher nicht gegeben. Zwischen den einzelnen Proben bzw. Standorten ergaben sich keine gesicherten Unterschiede.

4. Nährstoff- und Schwermetalleinträge durch Wirtschaftsdünger

Wert oder Risiko von Stoffen im Naturkreislauf werden heute vielfach über die Eintragsmengen (z.B. jährliche Fracht bezogen auf 1 ha) in den Boden abgeschätzt. Auch Wirtschaftsdünger können und sollen unter diesen Gesichtspunkten betrachtet werden. Ausschlaggebend für den jährlichen Eintrag von Nährstoffen oder Schwermetallen ist neben der Konzentration im Dünger die jeweilige Aufwandmenge. Unter Berücksichtigung der geltenden agrarpolitischen Rahmenbedingungen bzw. der Vorschriften nach dem Österreichischen Wasserrechtsgesetz (OBERLEITNER, 1990) sind

ohne Bewilligungspflicht maximal 3,5 Dunggroßvieheinheiten Stickstoff - das sind 175 kg N auf Acker bzw. 210 kg N auf Grünland und winterbegrünte Ackerflächen - pro Hektar zulässig. Als Aufwendungen an Hofdüngern wurden 1,5 GVE/ha als oberösterreichische Durchschnittsgröße und 3 GVE/ha für intensive viehhaltende Betriebe zugrunde gelegt. Für die Berechnung der Nährstoff- und Schwermetallfrachten wurden unter Bezug auf VETTER und STEFFENS (1986), SCHECHTNER und Ma. (1991) sowie MÜLLER und Ma. (1993) folgende Annahmen getroffen:

1 GVE Milch- oder Mastrind produziert 1,5 t TS Gülle bzw. 2 t TS Festmist

1 GVE Zucht- oder Mastschwein produziert 0,87 t TS Gülle bzw. 1,9 t TS Festmist

In Tabelle 7 sind die unter diesen Annahmen berechneten Frachten für die wichtigsten Nährstoffe und Schwermetalle durch Hofdünger aus der Rinder- und Schweinehaltung zusammengestellt. Ferner werden diese Einträge mit den für Oberösterreich berechneten durchschnittlichen Frachten aus der Klärschlammmanwendung bzw. den maximal zulässigen Schwermetallfrachten nach der OÖ. Klärschlammverordnung verglichen (AICHBERGER und HOFER, 1994). Die Zahlenvergleiche belegen, daß die nach dem Wasserrechtsgesetz zulässige Stickstofffracht von 175 bzw. 210 kg N pro Hektar im Durchschnitt mit 3 GVE Rindergülle und annähernd mit 1,5 GVE Schweinegülle ausgeschöpft wird. 3 GVE Schweinegülle würden allerdings mit 314 kg N - selbst bei Berücksichtigung möglicher Stickstoffverluste während der Ausbringung - diese Frachten weit überschreiten.

Auffallend sind auch die hohen Phosphatmengen, die mit 3 GVE Schweinegülle und Schweinemist im Schnitt ausgebracht werden; diese Mengen liegen weit über den Bedarf üblicher landwirtschaftlicher Kulturpflanzen und führen bei mehrmaliger Anwendung mit Sicherheit zu Phosphoranreicherungen im Boden. Naturgemäß werden mit Rindergülle die höchsten und mit Klärschlamm die niedrigste Kalimengen ausgebracht. Von den Spurenelementen und Schwermetallen sind insbesondere Kupfer und Zink in Schweinegülle und Schweinemist zu beachten. Die durchschnittlichen Einträge liegen über oder im Bereich jener Mengen, die üblicherweise mit Klärschlamm eingetragen werden, bzw. werden bei 3 GVE Schweinedung zum Teil höhere Kupfermengen als die maximal tolerierbaren Frachten nach der OÖ. Klärschlammverordnung erreicht. Die Frachten an Nickel, Blei und Cadmium sind bei allen Hofdüngern in Relation zu Klärschlamm von marginaler Größenordnung.

5. Zusammenfassung

Basierend auf den Ergebnissen der letzten Viehzählung fallen in Oberösterreich im Jahr rund 750.000 Dungeinheiten an Wirtschaftsdüngern an. Die sachgerechte Verwertung dieser beträchtlichen Düngermenge ist sowohl für die Landwirtschaft als auch für die Umwelt von Bedeutung. Ziel des gemeinsamen Projektes des Amtes der OÖ. Landesregierung, Abteilung Umweltschutz, des Bundesamtes für Agrarbiologie und der OÖ. Landwirtschaftskammer, Bodenschutzberatung war, aktuelle Daten über die stoffliche Zusammensetzung von Wirtschaftsdünger zu erarbeiten, wie sie unter heutigen Produktionsbedingungen anfallen. Es wurden über 200 Gülle- und Festmistproben bei landwirtschaftlichen Betrieben entnommen, die nach dem Zufallsprinzip über das Betriebsregister der OÖ. Landesregierung bzw. nach

verschiedenen Tierarten und -gruppen ausgewählt wurden. Die Proben wurden im Bundesamt für Agrarbiologie nach ÖNORMEN oder anerkannten Methodenvorschriften hinsichtlich Nährstoffe und Schwermetalle untersucht.

Die Ergebnisse der Untersuchungen können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- Die Nährstoff- und Schwermetallgehalte in Gülle bzw. Mist der einzelnen Tierarten (Rinder, Schweine, Geflügel) und teilweise der Tiergruppen (z.B. Zuchtschweine, Mastschweine) sind unterschiedlich.
- Die Streubreite der Daten ist in Abhängigkeit von den Parametern hoch.
- Bezogen auf die Trockensubstanz weist Gülle höhere Nährstoffgehalte als Festmist auf.
- Schweine- und Geflügelgülle haben hohe Stickstoff- und Phosphorgehalte ($\approx 7 - 12 \% P_2O_5$ i. d. TS).
- Die Schwermetallgehalte von Wirtschaftsdünger liegen im Bereich von >100 mg/kg (Fe, Mn, Cu, Zn) bis < 1 mg/kg TS (Cd, Hg).
- Die Kupfer- und Zinkwerte bei Schweinegülle und Schweinemist sind auffällig hoch und überschreiten in etlichen Fällen die für Klärschlamm vorgesehenen Grenzwerte von 400 ppm (Cu) und 1600 ppm (Zn).
- Die durchschnittlichen Gehalte an Ni, Cr, Pb, Cd und Hg in Wirtschaftdüngern liegen beträchtlich unter denen von Klärschlamm.
- Die festgestellten Gehalte an den Radionukliden Cäsium-137 und Kalium-40 liegen im Bereich der Bestimmungsgrenze und sind als sehr niedrig einzustufen (Cs-137: 0,5 - 9,4 Bq/kg; K 40: 67 - 175 Bq/kg), sodaß eine nennenswerte anthropogene Beeinflussung nicht gegeben ist.
- Bei Anwendung von Wirtschaftsdüngern (insbesondere Schweinegülle und -mist) sind vor allem die jährlichen Frachten an Stickstoff (lt. Wasserrechtsgesetz 175 resp. 210 kg/ha) Phosphor, Kupfer und Zink zu beachten.

6. Literatur

- AICHBERGER K., G. HOFER und U. GRUBER: Analytik von Siedlungsabfallstoffen. Jahresbericht des Bundesamtes für Agrarbiologie, S 82 - 83, 1994.
- DEUTSCH A.: Fruchtfolgedüngung unter Beachtung der neuen Bewertung von Wirtschaftsdüngern. Der Fortschrittliche Landwirt, Heft 24, 5 - 7, 1991.
- FROSCHAUER J.: Wert des Wirtschaftsdüngeranfalls in Oberösterreich. Interne Dienstmitteilung, 1994.
- FURRER J. und W. STAUFFER: Menge und Zusammensetzung des in der Geflügelhaltung anfallenden Düngers. Schweizerische landwirtschaftliche Monatshefte, 53, 368 - 376, 1975.
- FÜRST E. und F. FORSTNER: Die Wertschöpfung der OÖ. Landwirtschaft. Verlag Rudolf Trauner, Linz, 1991.
- HUMER J.: Wirtschaftsdüngeruntersuchungen der Niederösterreichischen Landeslandwirtschaftskammer. Interne Zusammenstellung der LLWK NÖ, Wien, 1994.
- de la LANDE CREMER: Bewertung der Wirtschaftsdünger in den Niederlanden. Vortrag anlässlich des Internat. Düngerberatungskolloquium in der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein, 1978.
- MENZI H. und CH. HALDEMANN: Schwermetalle in den Hofdüngern - ein Thema mit Wissenslücken. Schweizerische landw. Forschung 32 (1/2), 159 - 167, 1993.
- MÜLLER CH., F. PERETZKI und K. RUTZMOSER: Schwermetalle in Wirtschaftsdüngern - Ergebnisse aus dem Bodenbeobachtungsprogramm der LBP. SuB Heft 03, 9 - 13, 1993.
- MÜLLER CH.: Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern. Daten aus dem BDF-Programm; Persönl. Mitteilung.
- OBERLEITNER F.: Das Wasserrechtsgesetz 1959 in der Fassung der Wasserrechtsgesetz-Novelle 1990. Österreichischer Wasserwirtschaftsverband (ÖWWV), Wien, 1990.
- ÖSTAT: Nutztierhaltung in Österreich 1991 - Viehzählung. Österreichisches Statistisches Zentralamt, Wien, 1993.
- RUPPERT W. und Autorenkollektiv: Daten und Informationen zum Gülleeinsatz in der Landwirtschaft. Bayerisches landw. Jahrbuch, Heft 8, 899 - 995, 1985.
- SCHECHTNER G. unter Mitarbeit eines Autorenkollektivs: Wirtschaftsdünger - Gewinnung und Anwendung. Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst"; BMLF, Wien, 1991.
- SEVERIN K., W. KÖSTER und Y. MATTER: Zufuhr von anorganischen Schadstoffen in Agrarökosysteme mit mineralischen Düngemitteln, Wirtschaftsdüngern, Klärschlamm und Komposten. VDLUFA - Schriftenreihe 32, Kongreßband, 387 - 391, 1990.
- SÜSZ A. und A. WURZINGER: Erfahrungen mit Gülleuntersuchungen für die Praxis. Informationen und Hinweise für den Fachbereich der Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, 28 - 34, 1983.
- VETTER H. und G. STEFFENS: Wirtschaftseigene Düngung. DLG-Verlag Frankfurt (Main), 1986

TABELLEN

Tab. 1: Nährstoffgehalte von Gülleproben bezogen auf Trocken- und Frischsubstanz

		Rindergülle (n = 57)			
		MW	Med	Min	Max
pH		7,5	7,5	6,9	8,0
TS	%	5,2	5,4	1,3	8,9
OS	% TS	73	74	58	85
N _{Kjel}	% TS	4,8	4,4	2,7	11,2
P ₂ O ₅	% TS	2,0	1,9	0,9	3,1
K ₂ O	% TS	7,4	6,8	2,8	17,6
CaO	% TS	3,3	3,2	1,4	6,4
Mg	% TS	0,85	0,82	0,52	1,42
Na	% TS	0,28	0,24	0,03	1,56
N _{Kjel}	g/t FS	2390	2330	770	4270
NH ₄ -N	g/t FS	1220	1170	520	2180
NO ₃ -N	g/t FS	13	13	n.n.	36
P ₂ O ₅	g/t FS	1030	960	220	2430
K ₂ O	g/t FS	3510	3330	1860	6090
CaO	g/t FS	1720	1550	550	4260

		Schweinegülle (n = 51)			
		MW	Med	Min	Max
pH		7,7	7,8	6,8	8,4
TS	%	4,1	3,7	0,5	9,5
OS	% TS	64	65	40	85
N _{Kjel}	% TS	12,1	12,3	2,5	21,8
P ₂ O ₅	% TS	8,7	8,4	4,1	13,9
K ₂ O	% TS	8,8	8,2	3,0	24,0
CaO	% TS	6,3	6,3	1,9	12,5
Mg	% TS	1,76	1,72	1,02	2,94
Na	% TS	1,29	1,12	0,09	3,52
N _{Kjel}	g/t FS	4400	4100	970	10230
NH ₄ -N	g/t FS	3140	2890	780	8080
NO ₃ -N	g/t FS	16	19	n.n.	46
P ₂ O ₅	g/t FS	3540	3130	204	8050
K ₂ O	g/t FS	3100	2960	1060	7920
CaO	g/t FS	2720	2340	230	8480

		Geflügelgülle (n = 3)			
		MW	Med	Min	Max
pH		7,3	7,2	6,9	7,8
TS	%	7,8	4,7	2,9	15,9
OS	% TS	58	60	52	61
N _{Kjel}	% TS	12,6	10,1	8,4	19,2
P ₂ O ₅	% TS	6,8	7,7	4,3	8,5
K ₂ O	% TS	7,4	6,0	4,0	12,3
CaO	% TS	12,0	14,5	6,4	15,1
Mg	% TS	1,17	1,46	0,51	1,52
Na	% TS	0,91	0,54	0,53	1,66
N _{Kjel}	g/t FS	7900	5580	4747	13400
NH ₄ -N	g/t FS	5770	4415	3410	9485
NO ₃ -N	g/t FS	37	18	11	82
P ₂ O ₅	g/t FS	6110	3620	1260	13450
K ₂ O	g/t FS	4270	3570	2870	6420
CaO	g/t FS	10670	7100	1865	23060

Tab. 2: Nährstoffgehalte von Festmistproben bezogen auf Trocken- und Frischsubstanz

Rindermist
(n = 39)

	MW	Med	Min	Max
pH	8,8	8,8	8,0	9,2
TS	19,4	18,8	12,3	46,4
OS	71	73	27	83
N _{Kjel}	2,5	2,5	2,0	4,5
P ₂ O ₅	1,9	2,0	0,9	3,6
K ₂ O	2,5	2,5	1,2	4,7
CaO	4,5	4,1	2,5	17,0
Mg	0,77	0,76	0,48	1,22
Na	0,10	0,08	0,03	0,40
N _{Kjel} g/t FS	4710	4430	3490	7190
NH ₄ -N g/t FS	450	198	66	2910
NO ₃ -N g/t FS	114	64	0	460
P ₂ O ₅ g/t FS	3710	3500	1590	7960
K ₂ O g/t FS	4810	4530	2340	10390
CaO g/t FS	8600	7420	4350	28460

Schweinemist
(n = 20)

	MW	Med	Min	Max
pH	8,9	9,0	8,3	9,2
TS	21,7	23,0	15,0	28,9
OS	69	70	47	81
N _{Kjel}	2,9	2,8	1,9	4,5
P ₂ O ₅	4,9	5,1	2,3	9,2
K ₂ O	3,3	3,1	1,4	7,1
CaO	5,6	5,4	2,8	8,6
Mg	1,08	1,10	0,64	1,83
Na	0,34	0,31	0,15	0,68
N _{Kjel} g/t FS	6270	5920	4600	9500
NH ₄ -N g/t FS	1080	520	134	3730
NO ₃ -N g/t FS	61	45	0	166
P ₂ O ₅ g/t FS	10400	9600	5130	16210
K ₂ O g/t FS	6850	6360	3290	12340
CaO g/t FS	12010	12180	6650	20890

Geflügelmist
(n = 9)

	MW	Med	Min	Max
pH	8,6	8,9	7,2	9,2
TS	45,1	39,1	20,8	72,1
OS	62	63	44	81
N _{Kjel}	4,6	4,8	2,1	6,9
P ₂ O ₅	6,3	5,6	2,8	9,4
K ₂ O	4,0	3,7	2,9	6,7
CaO	9,8	7,4	4,8	19,2
Mg	1,14	1,20	0,72	1,63
Na	0,35	0,34	0,24	0,51
N _{Kjel} g/t FS	10370	15390	14165	39345
NH ₄ -N g/t FS	5590	6300	1240	9340
NO ₃ -N g/t FS	176	188	26	304
P ₂ O ₅ g/t FS	25590	27060	11560	36750
K ₂ O g/t FS	17160	18140	6090	24660
CaO g/t FS	38490	37910	16720	59820

Tab. 3: Schwermetallgehalte von Gülleproben bezogen auf Trockensubstanz

Rindergülle
(n = 57)

		MW	Med	Min	Max
Fe	mg/kg TS	2670	2100	620	7920
Mn	mg/kg TS	416	320	135	4900
Cu	mg/kg TS	42	37	19	97
Zn	mg/kg TS	201	177	101	434
B	mg/kg TS	37	33	16	70
Co	mg/kg TS	1,8	1,6	0,6	4,1
Ni	mg/kg TS	6,1	5,0	1,3	37
Cr	mg/kg TS	7,7	5,2	1,7	73
Pb	mg/kg TS	4,8	3,2	1,1	38,3
Cd	mg/kg TS	0,42	0,34	0,09	1,93
Hg	mg/kg TS	0,10	0,09	0,01	0,30

Schweinegülle
(n = 51)

		MW	Med	Min	Max
Fe	mg/kg TS	2930	2710	1190	6030
Mn	mg/kg TS	560	520	175	1180
Cu	mg/kg TS	453	374	103	1620
Zn	mg/kg TS	1270	1240	470	3050
B	mg/kg TS	78	74	25	148
Co	mg/kg TS	6,5	6,1	1,5	33
Ni	mg/kg TS	16	15	8,0	33
Cr	mg/kg TS	13,4	13,2	4,9	37
Pb	mg/kg TS	3,5	3,4	1,3	9,1
Cd	mg/kg TS	0,71	0,70	0,21	1,62
Hg	mg/kg TS	0,20	0,17	0,03	0,90

Geflügelgülle
(n = 3)

		MW	Med	Min	Max
Fe	mg/kg TS	1950	2090	1320	2430
Mn	mg/kg TS	500	495	427	577
Cu	mg/kg TS	110	115	46	171
Zn	mg/kg TS	636	680	350	880
B	mg/kg TS	65	60	33	101
Co	mg/kg TS	4,6	5,2	2,2	6,5
Ni	mg/kg TS	11,9	12,5	9	14,1
Cr	mg/kg TS	8,6	7,2	6,3	12,2
Pb	mg/kg TS	3,4	3,2	2,2	4,8
Cd	mg/kg TS	0,66	0,65	0,26	1,06
Hg	mg/kg TS	0,15	0,09	0,01	0,33

Tab. 4: Schwermetallgehalte von Festmistproben bezogen auf Trockensubstanz

Rindermist
(n = 39)

		MW	Med	Min	Max
Fe	mg/kg TS	4630	3500	1250	22000
Mn	mg/kg TS	503	498	250	1220
Cu	mg/kg TS	42	38	21	134
Zn	mg/kg TS	224	201	110	859
B	mg/kg TS	29	28	14	46
Co	mg/kg TS	2,1	1,8	0,50	7,9
Ni	mg/kg TS	7,2	6,4	2,1	18,3
Cr	mg/kg TS	10,1	8,2	2,6	60,0
Pb	mg/kg TS	6,5	5,7	2,4	14,5
Cd	mg/kg TS	0,54	0,55	0,13	1,00
Hg	mg/kg TS	0,06	0,06	0,04	0,07

Schweinemist
(n = 20)

		MW	Med	Min	Max
Fe	mg/kg TS	3370	3550	840	7100
Mn	mg/kg TS	497	465	35	970
Cu	mg/kg TS	276	261	92	603
Zn	mg/kg TS	733	623	279	2630
B	mg/kg TS	28	27	13	55
Co	mg/kg TS	3,8	3,7	1,8	6,3
Ni	mg/kg TS	8,7	8,6	3,6	15,0
Cr	mg/kg TS	10,5	10,3	4,5	19,0
Pb	mg/kg TS	4,6	4,2	2,0	9,4
Cd	mg/kg TS	0,49	0,40	0,11	1,28
Hg	mg/kg TS	0,04	0,04	0,02	0,07

Geflügelmist
(n = 9)

		MW	Med	Min	Max
Fe	mg/kg TS	2270	2200	263	8200
Mn	mg/kg TS	672	610	392	1240
Cu	mg/kg TS	87	68	41	198
Zn	mg/kg TS	479	456	234	953
B	mg/kg TS	48	40	31	76
Co	mg/kg TS	4,1	2,7	0,60	9,3
Ni	mg/kg TS	12,0	10,1	5,6	20,8
Cr	mg/kg TS	12,9	9,0	2,9	35,0
Pb	mg/kg TS	4,2	3,6	1,8	8,5
Cd	mg/kg TS	0,35	0,23	0,15	0,89
Hg	mg/kg TS	0,02	0,02	0,01	0,03

Tab. 5: Mittlere Nährstoff- und Schwermetallgehalte von Wirtschaftsdüngern

Parameter	Gülle			Stallmist		
	Rind (n=57)	Schwein (n=51)	Geflügel (n=3)	Rind (n=39)	Schwein (n=20)	Geflügel (n=9)
TS %	5,2	4,1	7,8	19	22	45
OS %TS	73	64	58	71	69	62
pH	7,5	7,7	7,3	8,8	8,9	8,6
<hr/>						
Nges % TS	4,8	12,1	12,6	2,5	2,9	4,7
P ₂ O ₅ % TS	2,0	8,7	6,8	1,9	4,9	6,3
K ₂ O % TS	7,4	8,8	7,4	2,5	3,2	4,0
CaO % TS	3,3	6,3	12,0	4,5	5,6	9,8
Mg % TS	0,9	1,8	1,2	0,8	1,0	1,1
Na % TS	0,3	1,3	0,9	0,1	0,3	0,4
<hr/>						
Fe mg/kg TS	2670	2930	1950	4600	3400	2300
Mn mg/kg TS	416	560	500	500	500	670
Cu mg/kg TS	42	453	110	40	270	87
Zn mg/kg TS	200	1270	640	220	730	480
B mg/kg TS	37	78	65	29	28	48
Co mg/kg TS	2	7	5	2	4	4
Mo mg/kg TS	2	8	5	2	3	5
Ni mg/kg TS	6	16	12	7	9	12
Cr mg/kg TS	8	13	9	10	11	13
Pb mg/kg TS	5	4	3	6	5	4
Cd mg/kg TS	0,4	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3
Hg mg/kg TS	0,1	0,2	0,2	0,06	0,04	0,02

Tab. 6: Gehalte an Radionukliden

Proben Nr.	Gehalt Cs-137	Gehalt K-40
1	1,2 Bq/kg	67 Bq/kg
9	1,0 Bq/kg	80 Bq/kg
25	5,9 Bq/kg	129 Bq/kg
26	0,8 Bq/kg	80 Bq/kg
41	3,1 Bq/kg	162 Bq/kg
103	9,4 Bq/kg	160 Bq/kg
120	0,5 Bq/kg	112 Bq/kg
135	2,0 Bq/kg	90 Bq/kg
149	4,7 Bq/kg	128 Bq/kg
157	1,7 Bq/kg	78 Bq/kg
165	0,5 Bq/kg	175 Bq/kg
175	1,3 Bq/kg	72 Bq/kg

Angaben in Bequerel/kg Originalsubstanz

Tab. 7: Mittlere jährliche Stofffrachten bei Anwendung von Wirtschaftsdüngern und Klärschlamm

	N	P ₂ O ₅ -kg/ha-	K ₂ O	Cu	Zn	Ni -g/ha-	Pb	Cd
Rindergülle	1,5 GVE = 2,25 t TS	45	167	95	450	13	11	0,9
	3 GVE = 4,5 t TS	90	333	190	900	27	22	1,8
Rindermist	1,5 GVE = 3 t TS	57	75	120	660	21	18	1,5
	3 GVE = 6 t TS	114	150	240	1320	42	36	3,0
Schweinegülle	1,5 GVE = 1,3 t TS	113	114	590	1650	21	5	0,9
	3 GVE = 2,6 t TS	226	228	1170	3300	42	10	1,8
Schweinemist	1,5 GVE = 2,85 t TS	140	91	770	2080	26	14	1,4
	3 GVE = 5,7 t TS	280	182	1540	4160	51	28	2,8
Klärschlamm O.Ö. max tol. Frachten (OÖ. KSVO, 1993)	3,3 t TS	97	15	644	3530	145	244	4,6
	-	-	-	1320	5280	264	1320	16,5

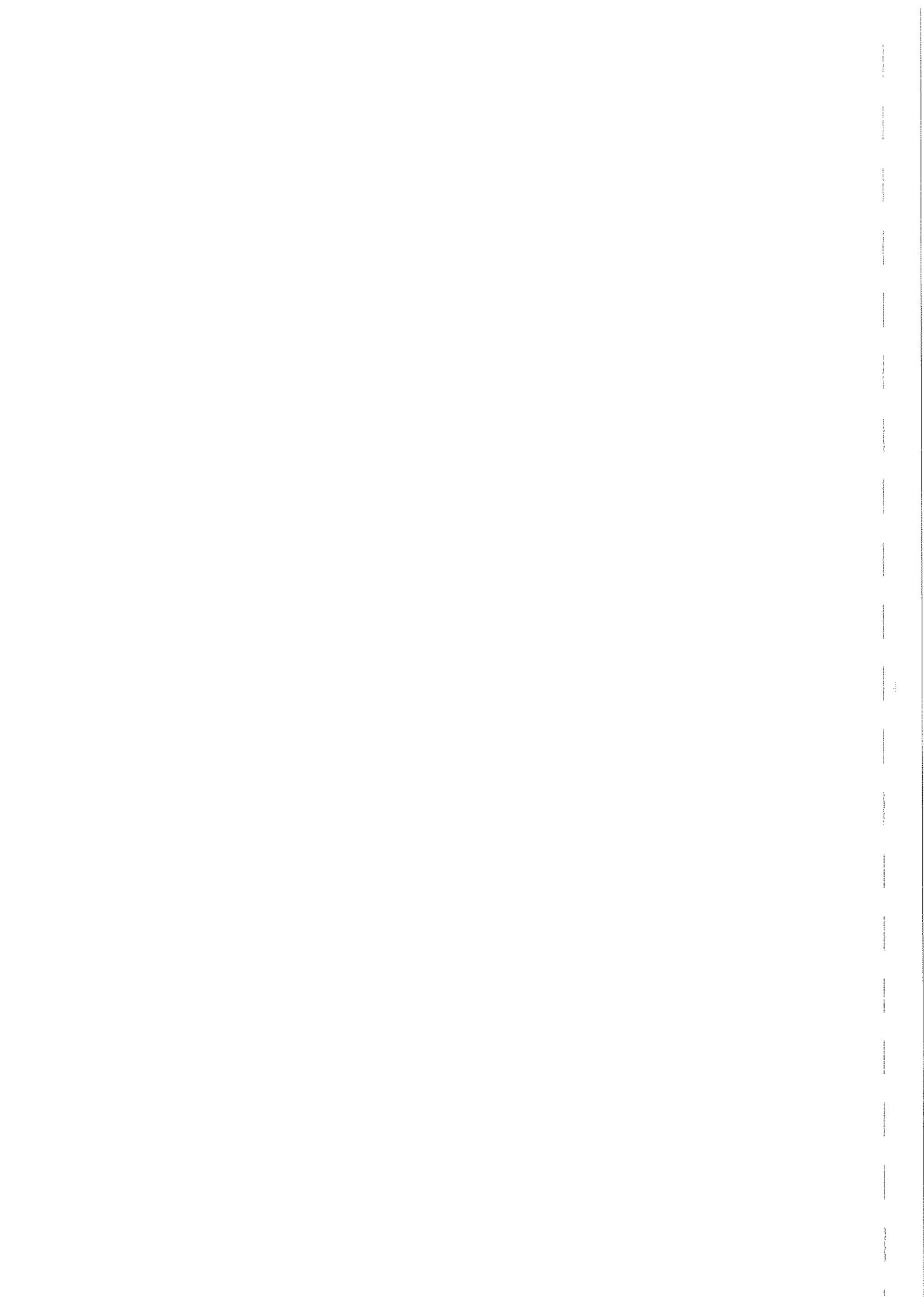
Aufgrund der nicht repräsentativen Probenanzahl wurde Gefütageldinger bei der Stofffrachtberechnung nicht berücksichtigt



ANHANG

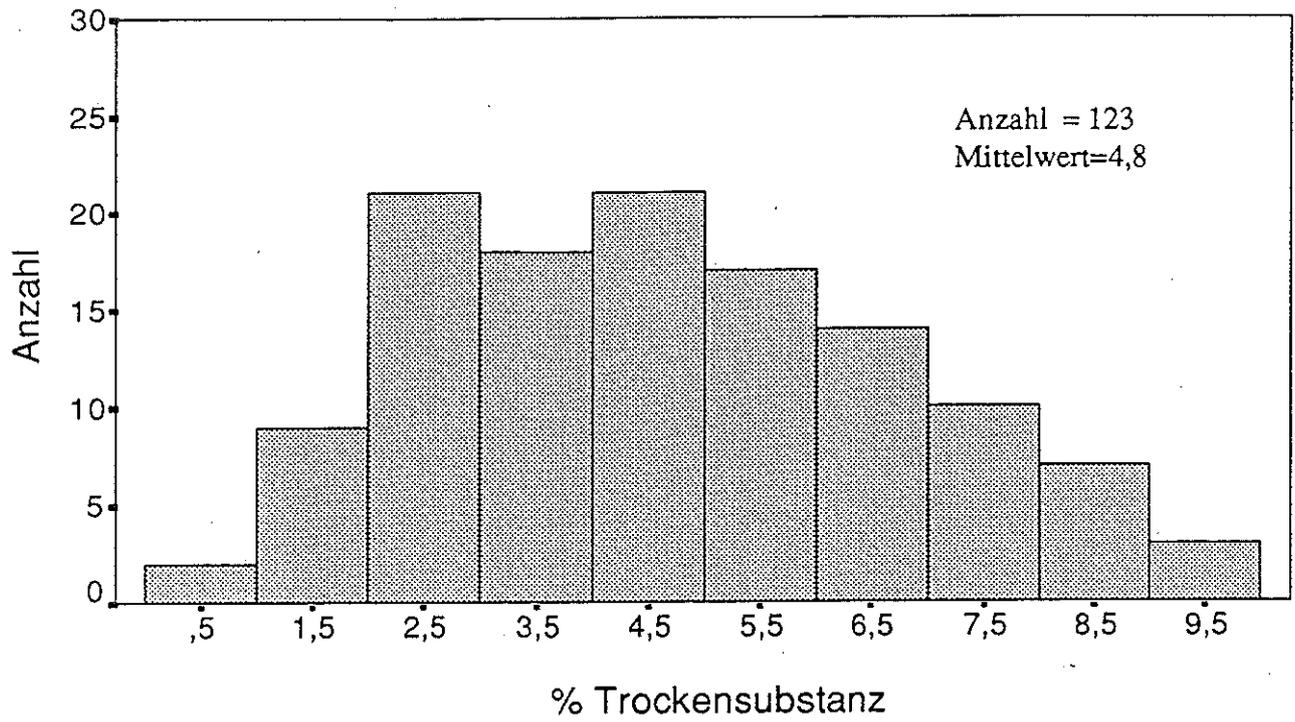
A) Häufigkeitsverteilungen verschiedener Analysenparameter von Wirtschaftsdüngerproben

B) Graphische Darstellung der mittleren und häufigsten Analysenwerte von Wirtschaftsdüngerproben unterschiedlicher Tiergruppen (Boxplots)

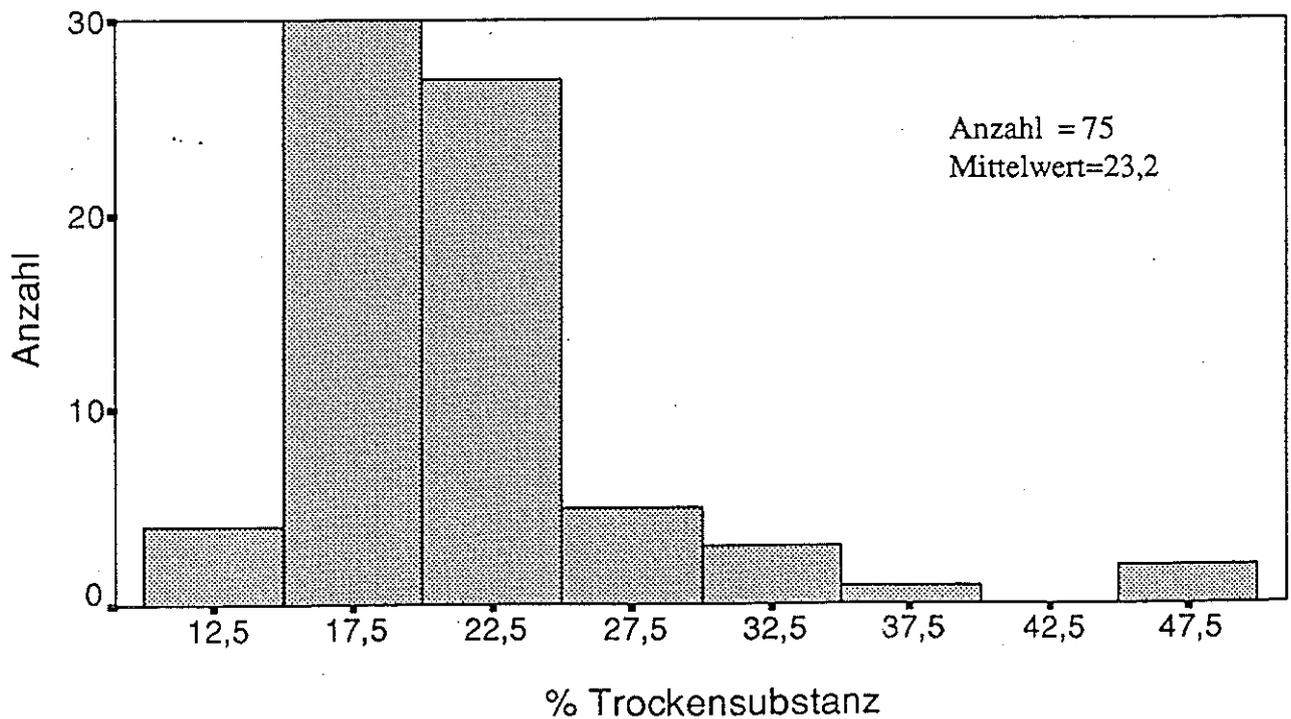


A) Häufigkeitsverteilungen verschiedener Analysenparameter von Wirtschaftsdüngerproben

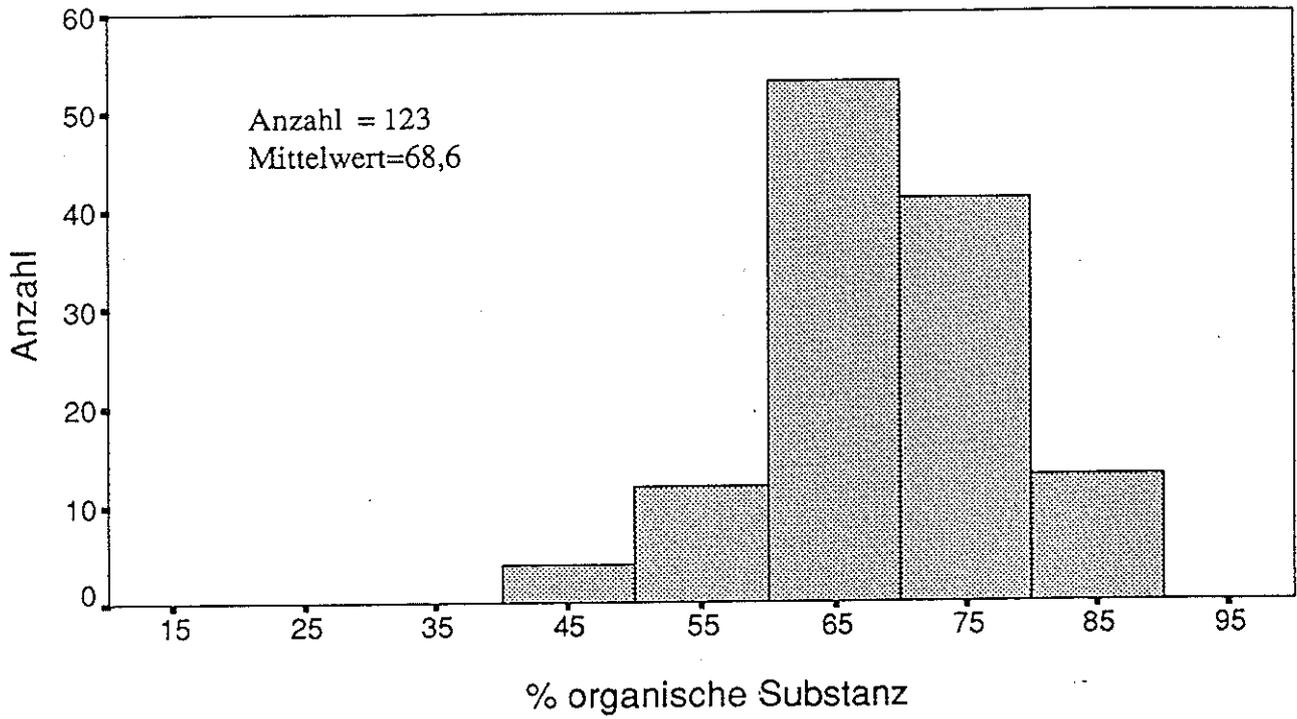
Gülle



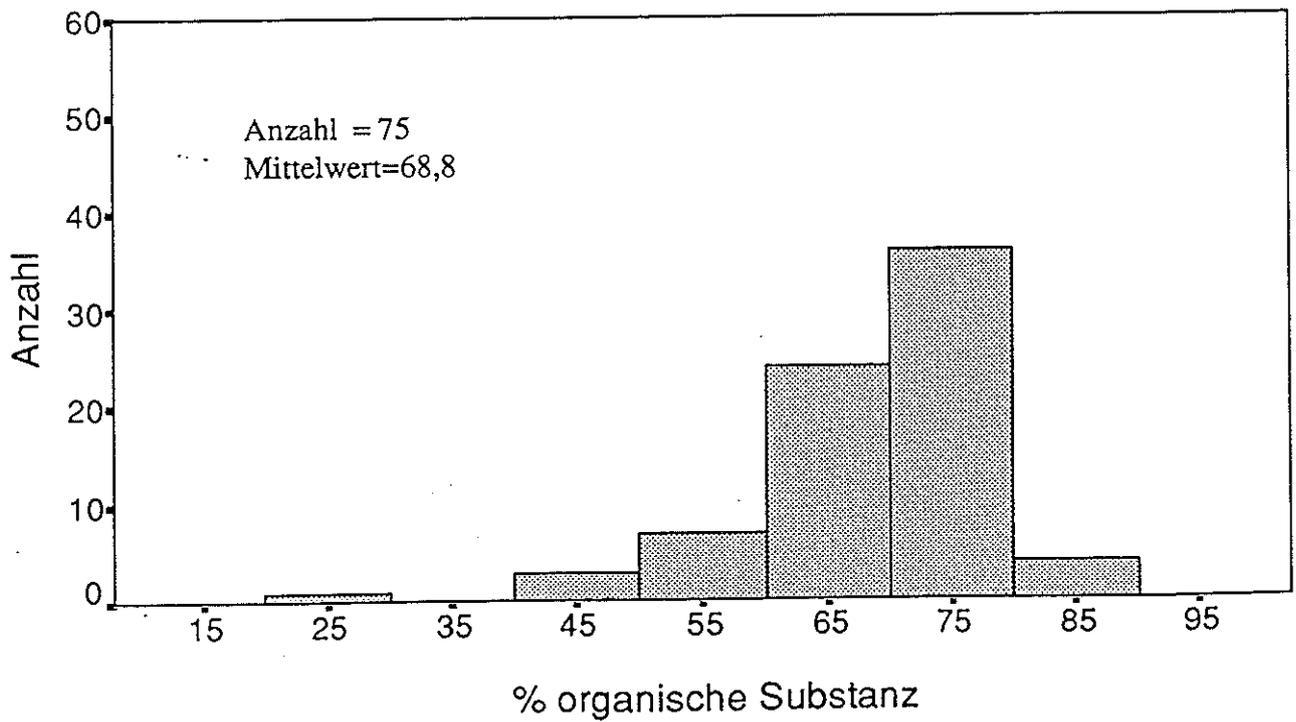
Mist



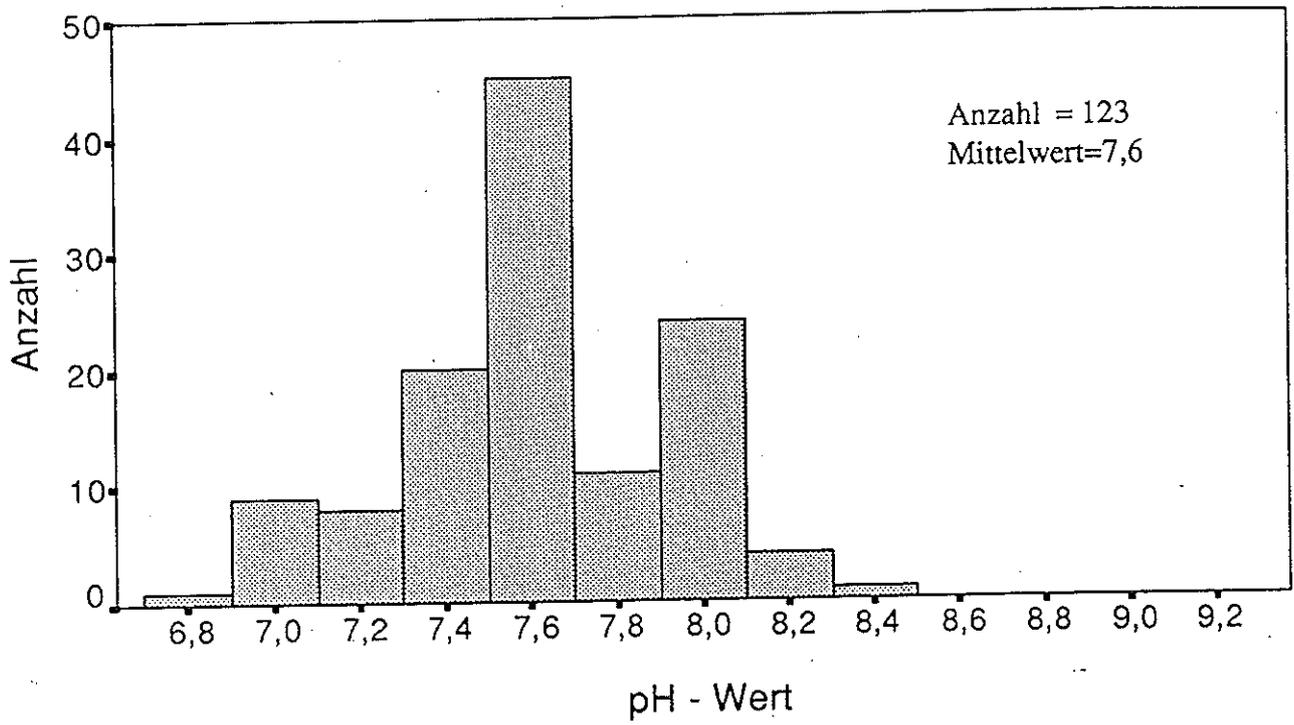
Gülle



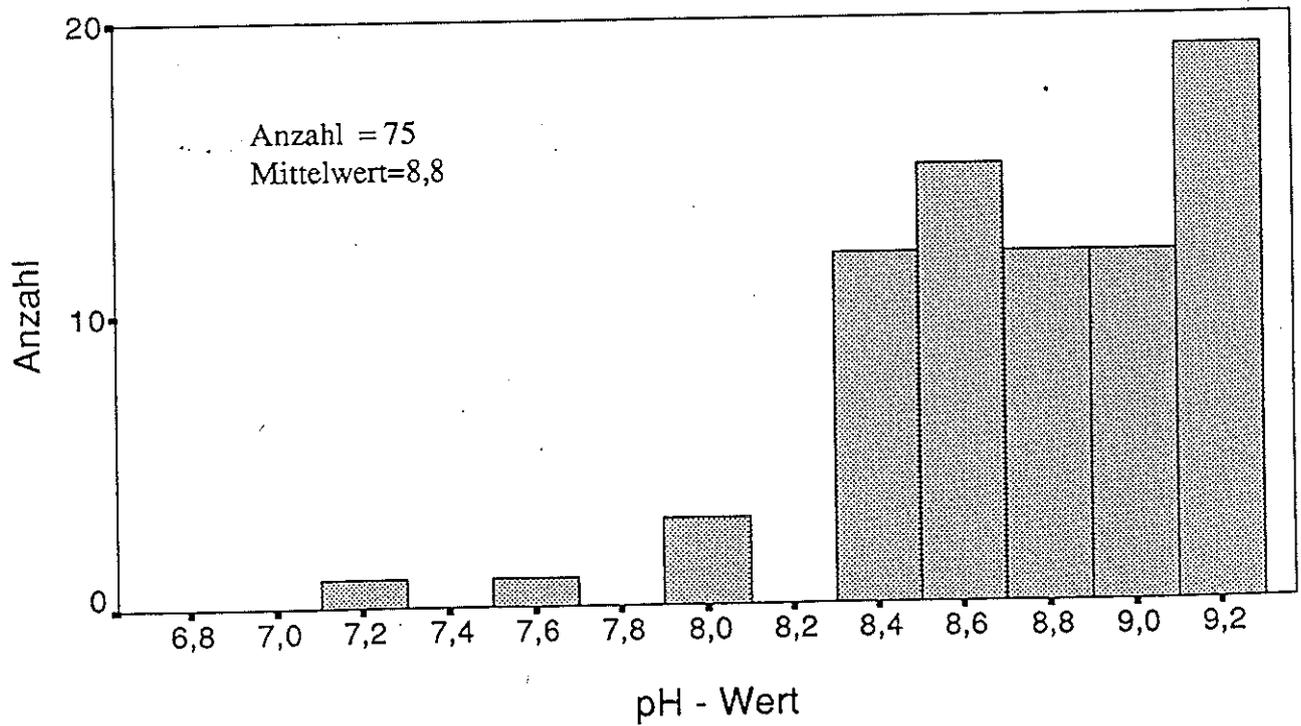
Mist



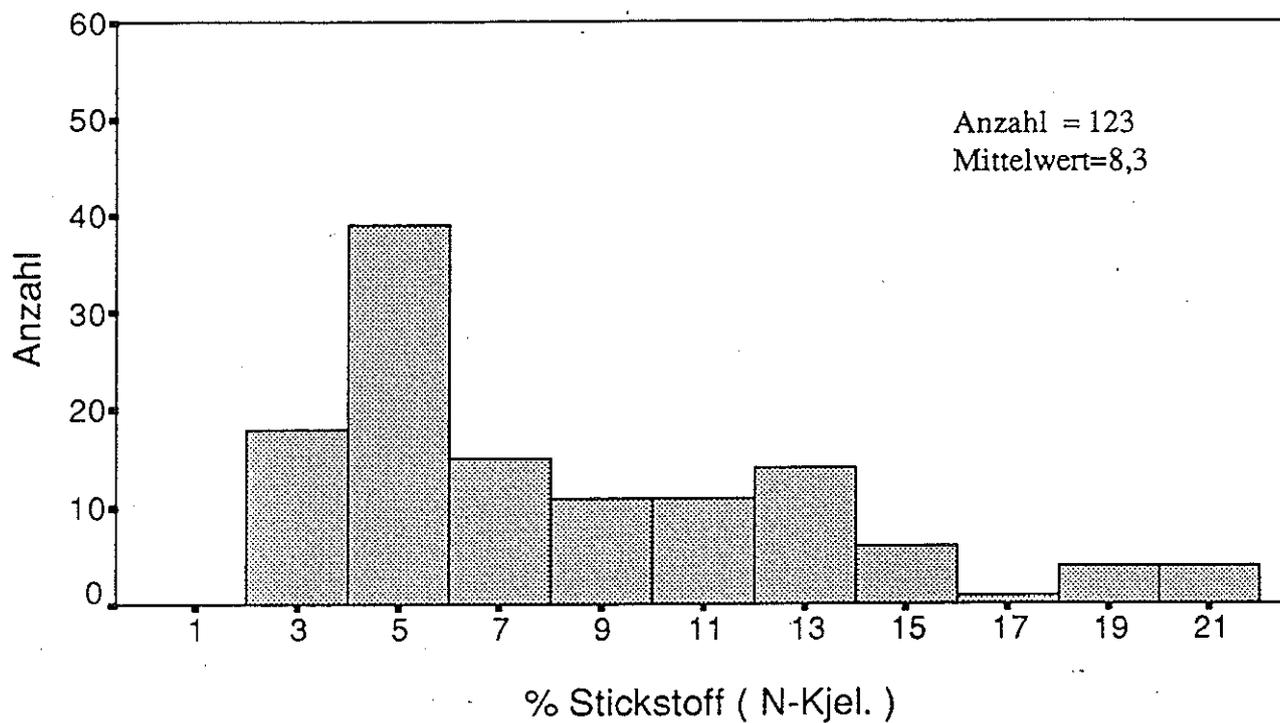
Gülle



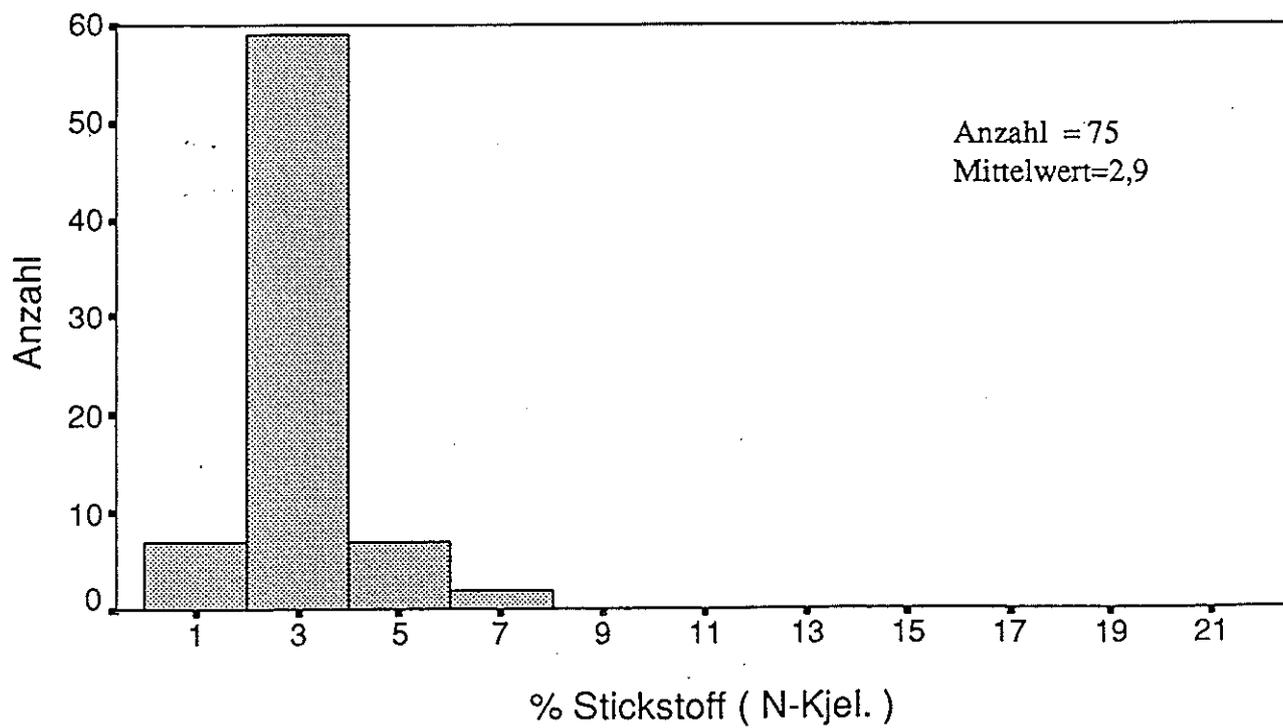
Mist



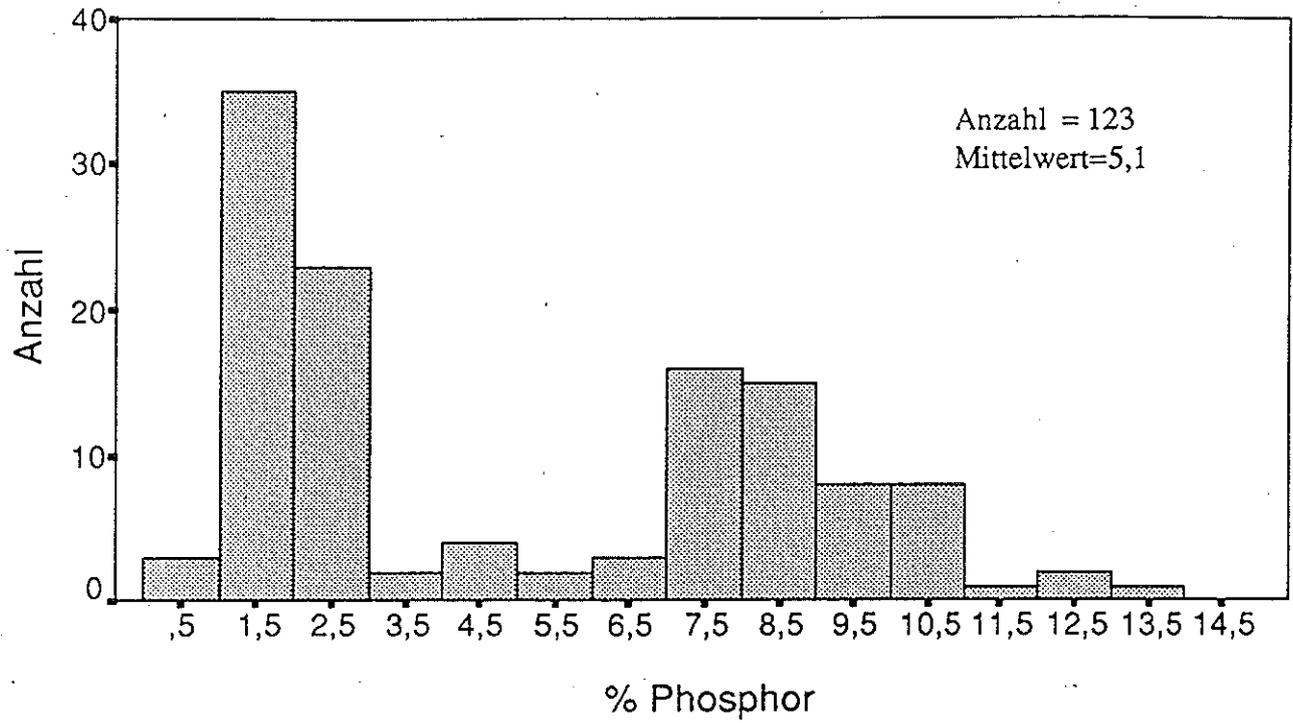
Gülle



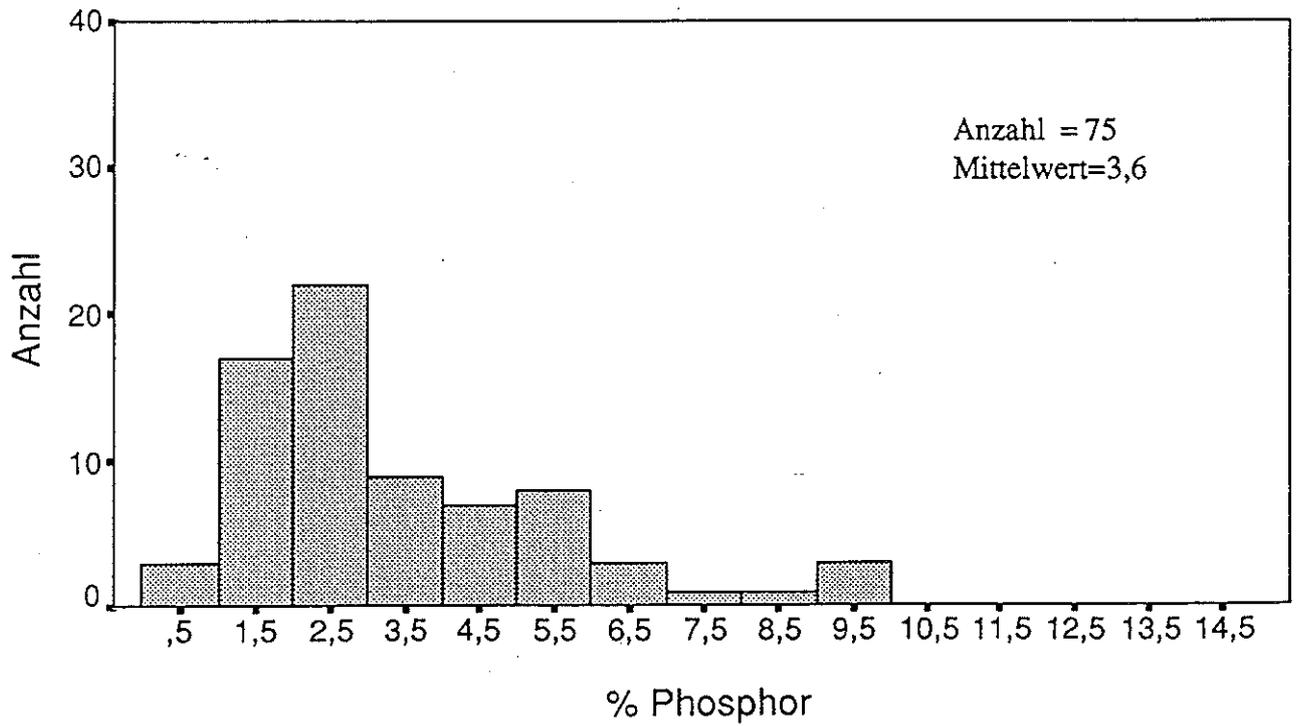
Mist



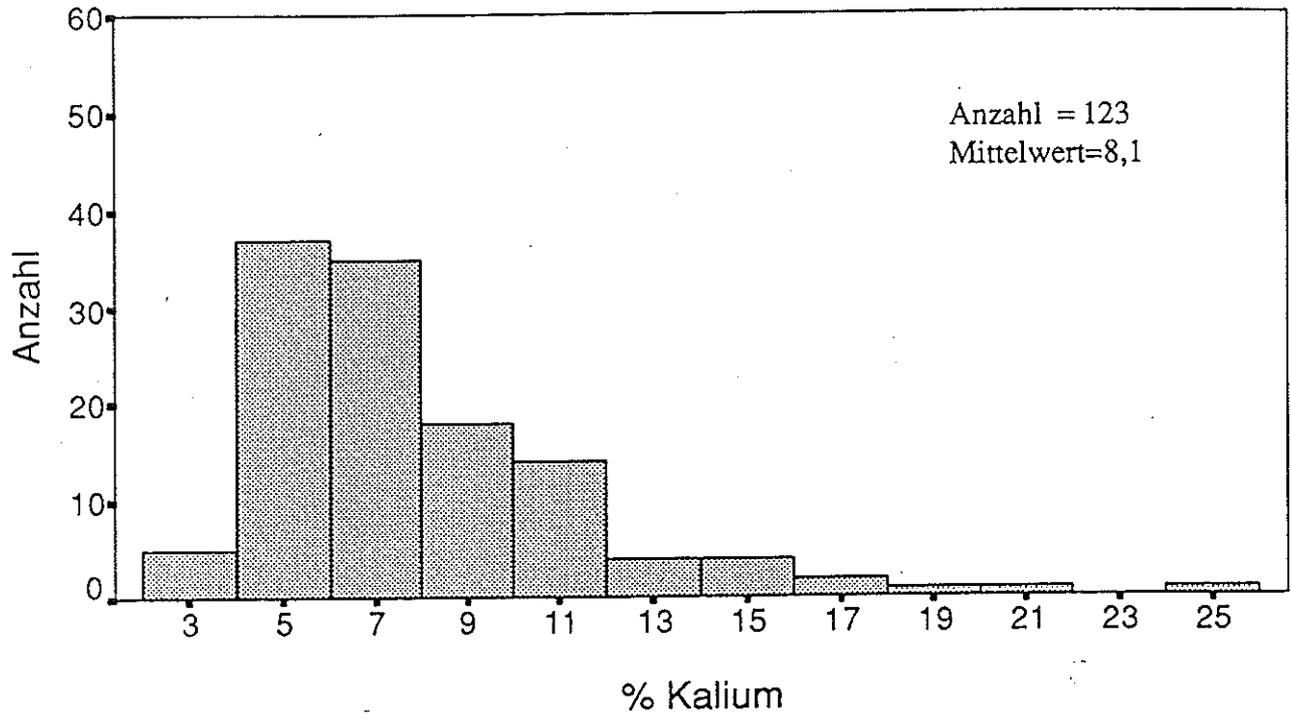
Gülle



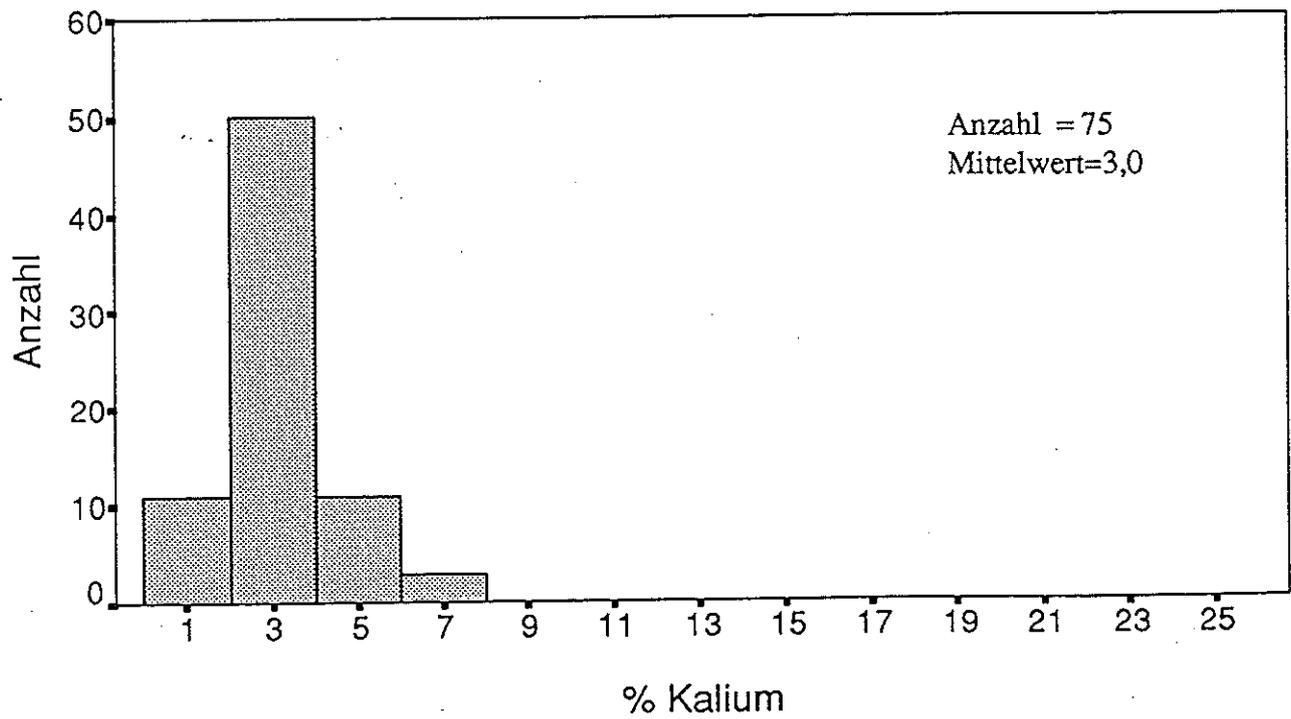
Mist



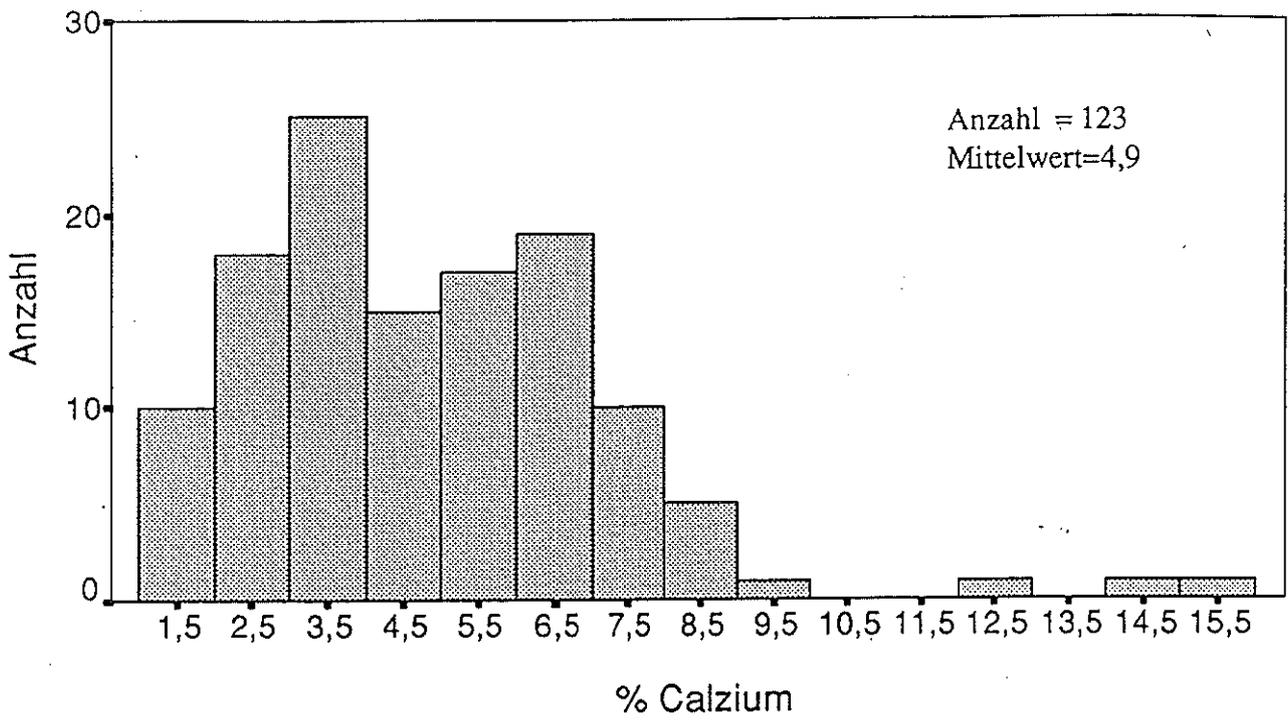
Gülle



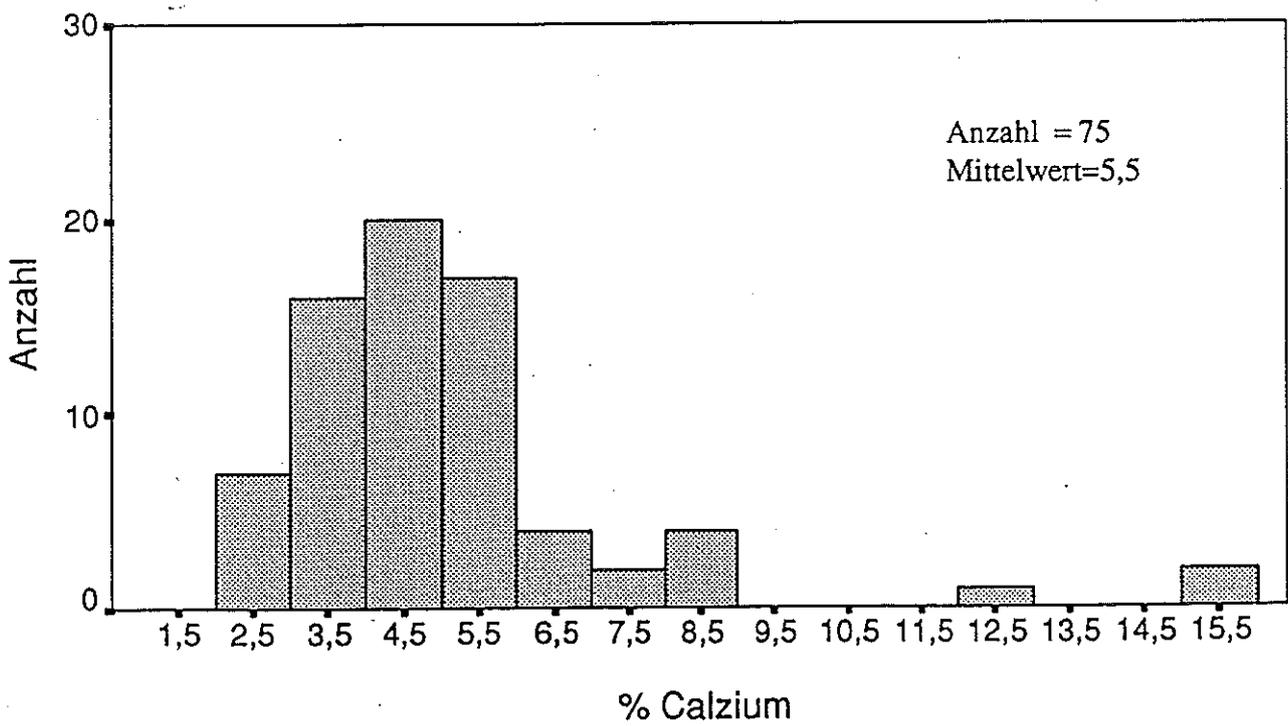
Mist



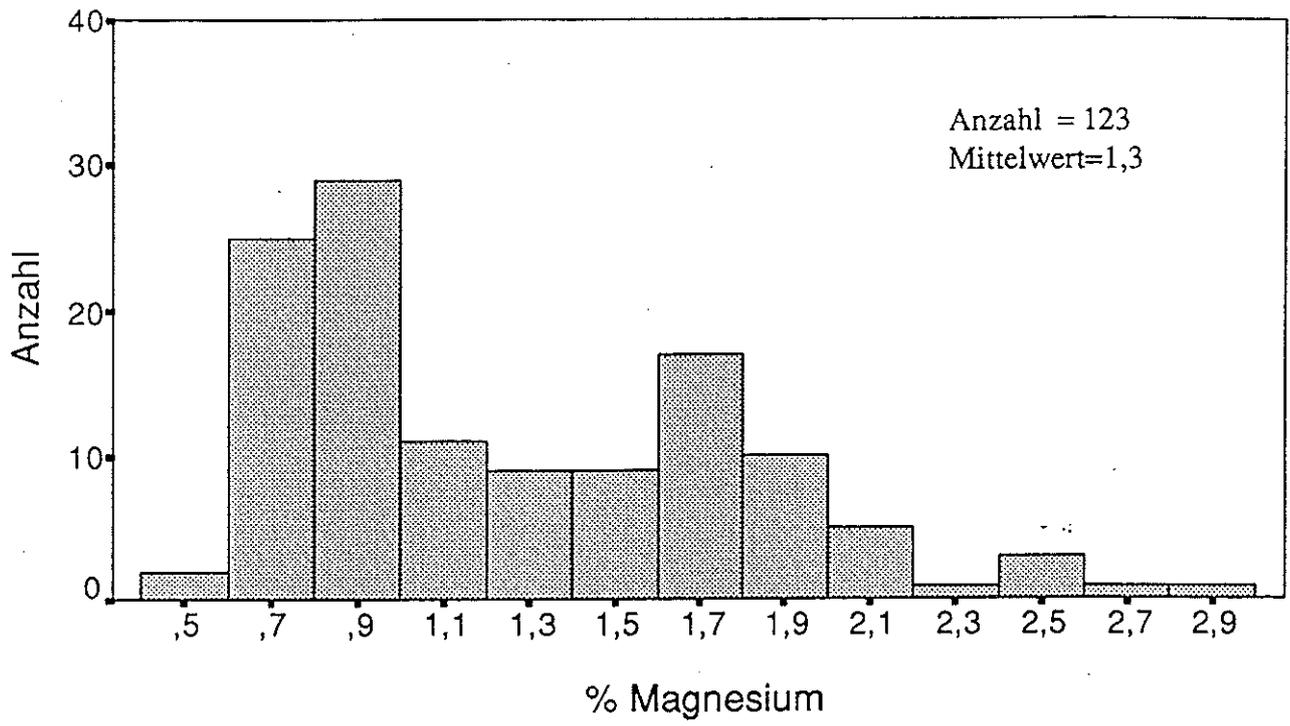
Gülle



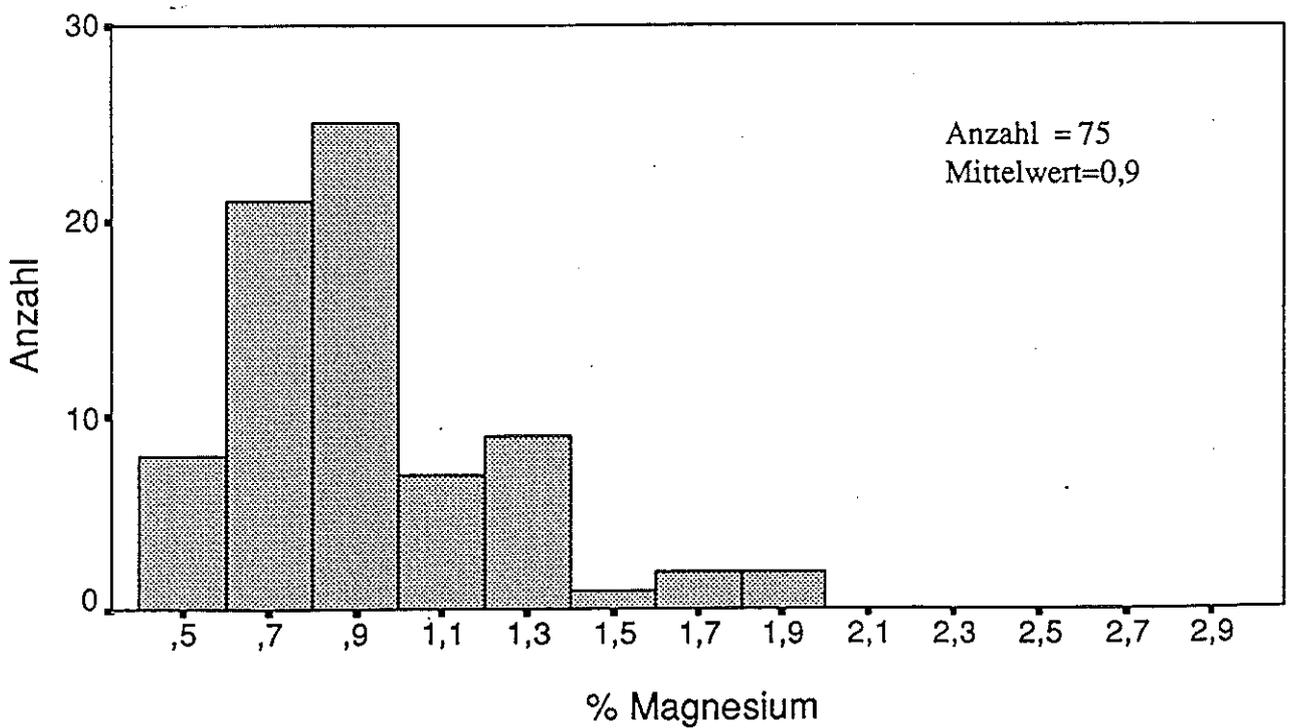
Mist



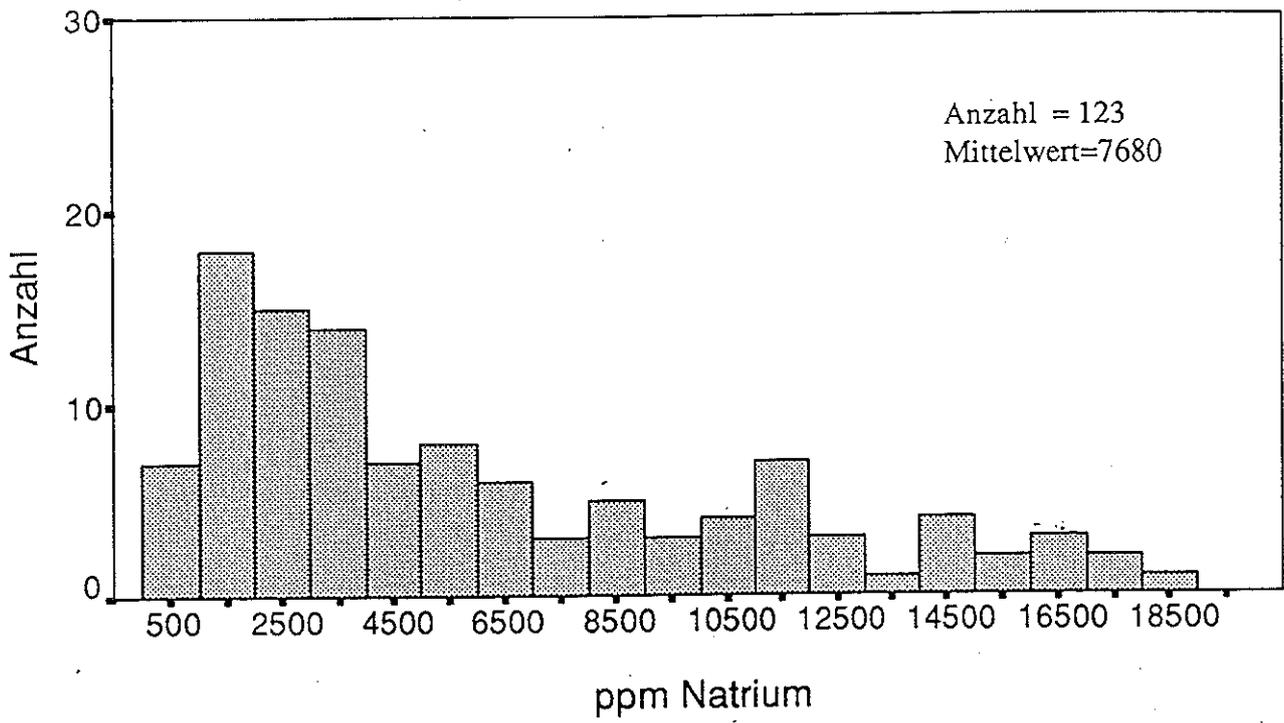
Gülle



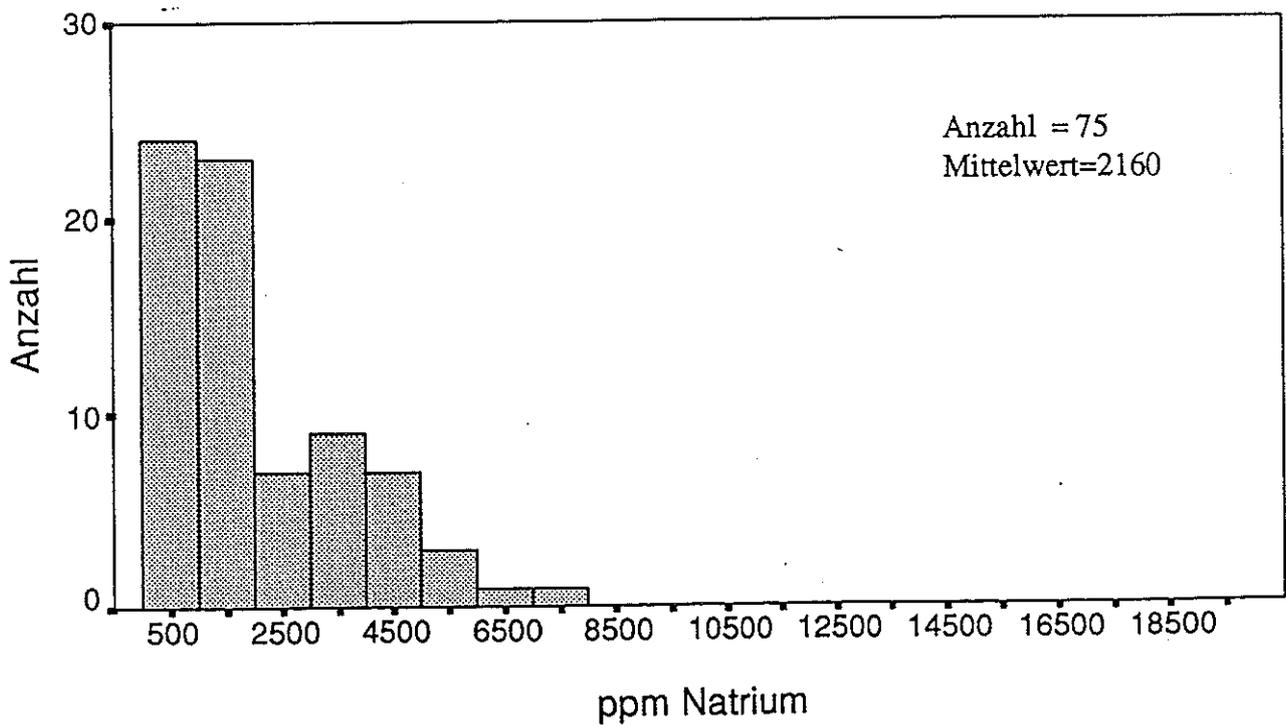
Mist



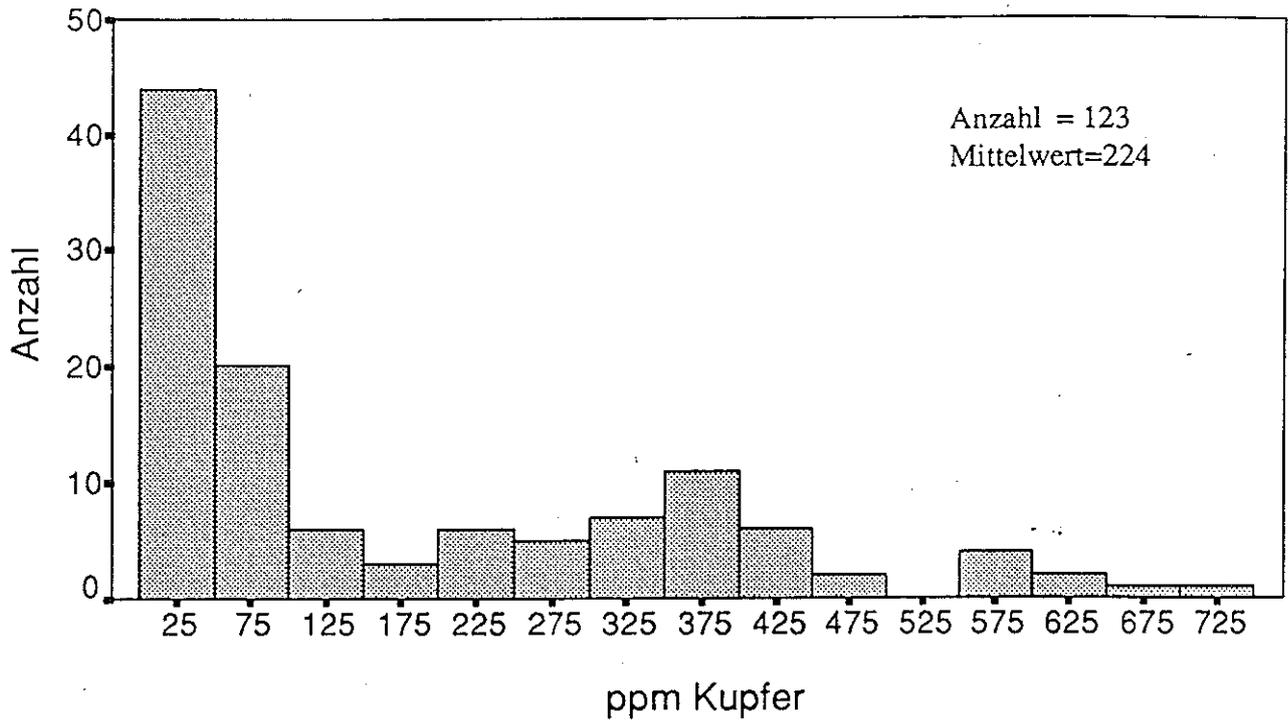
Gülle



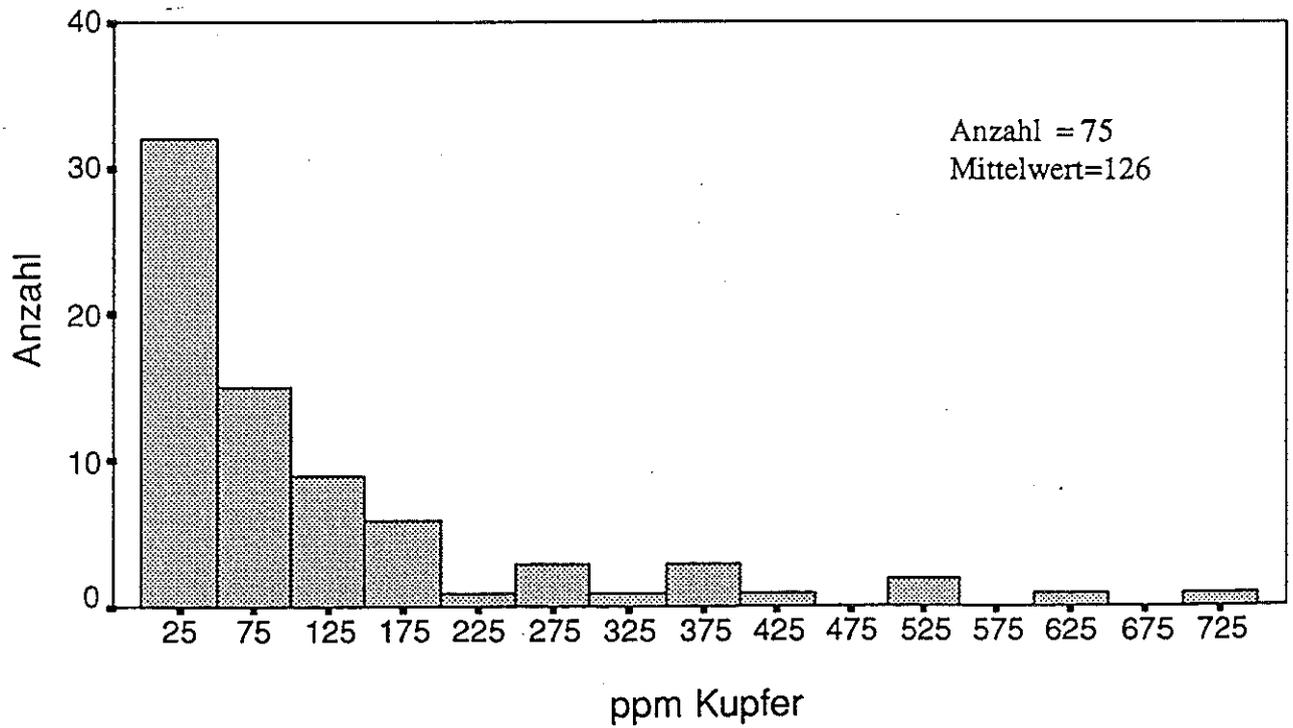
Mist



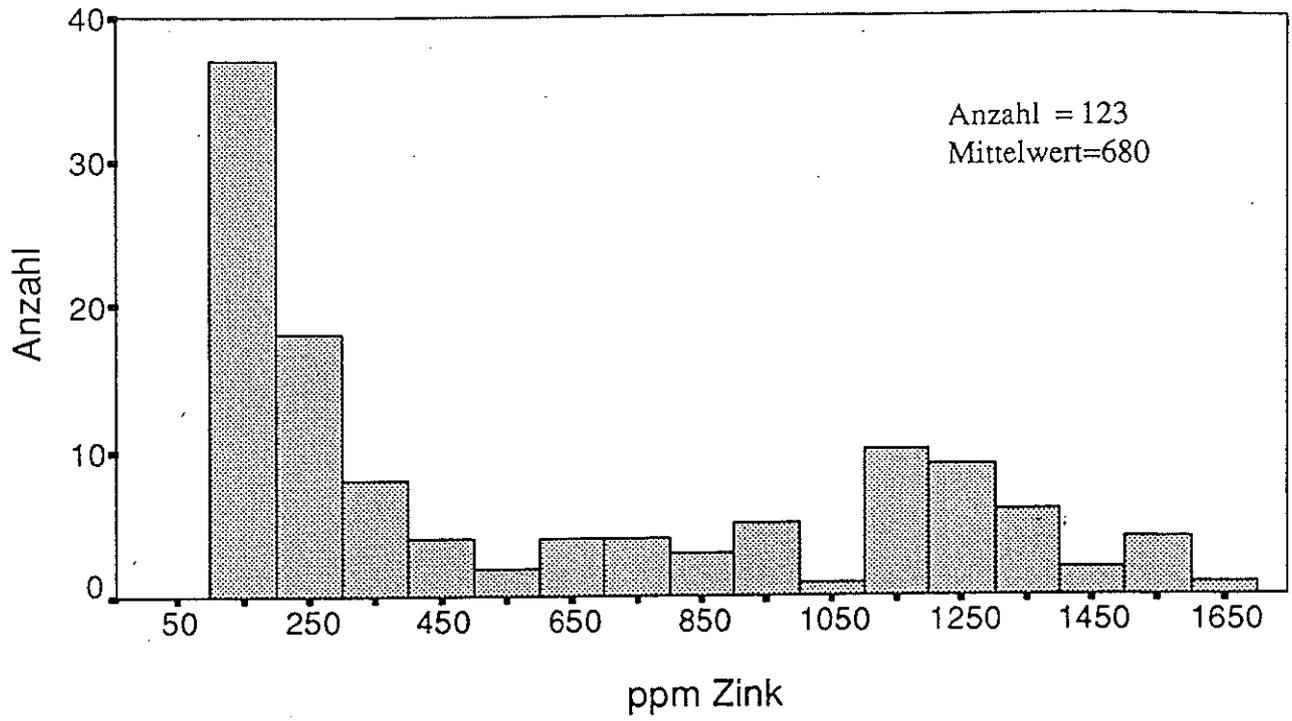
Gülle



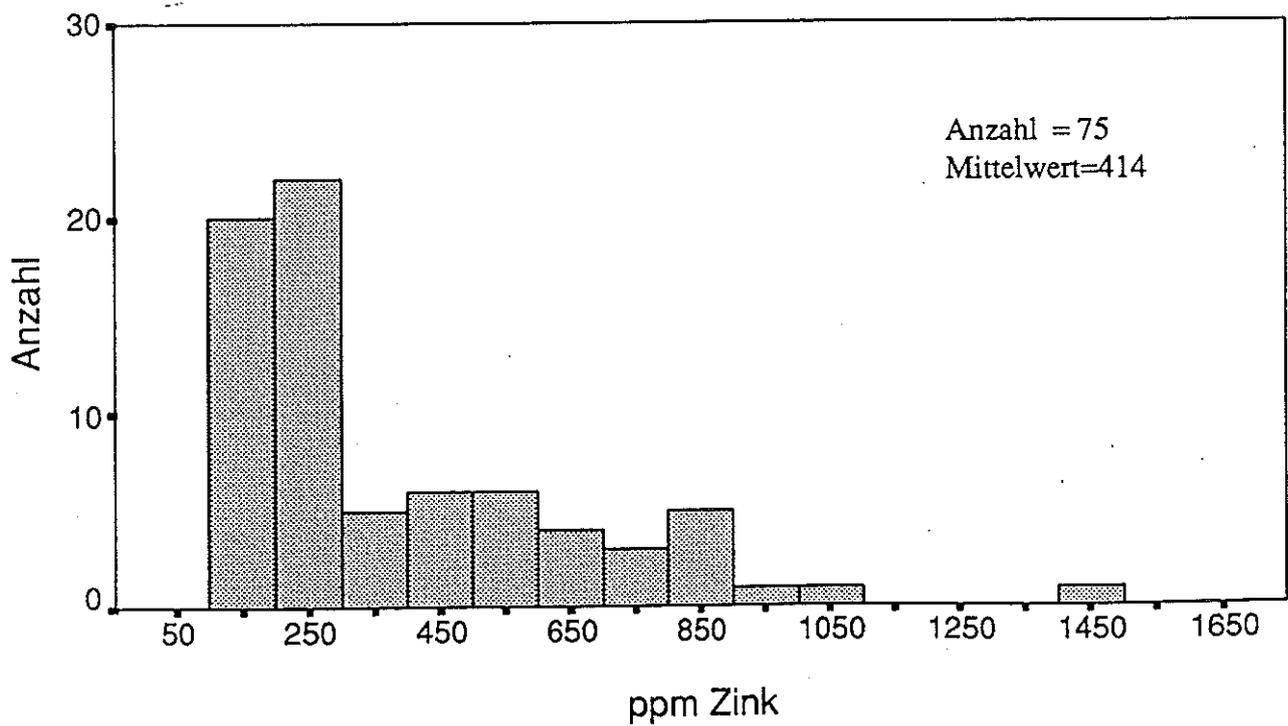
Mist



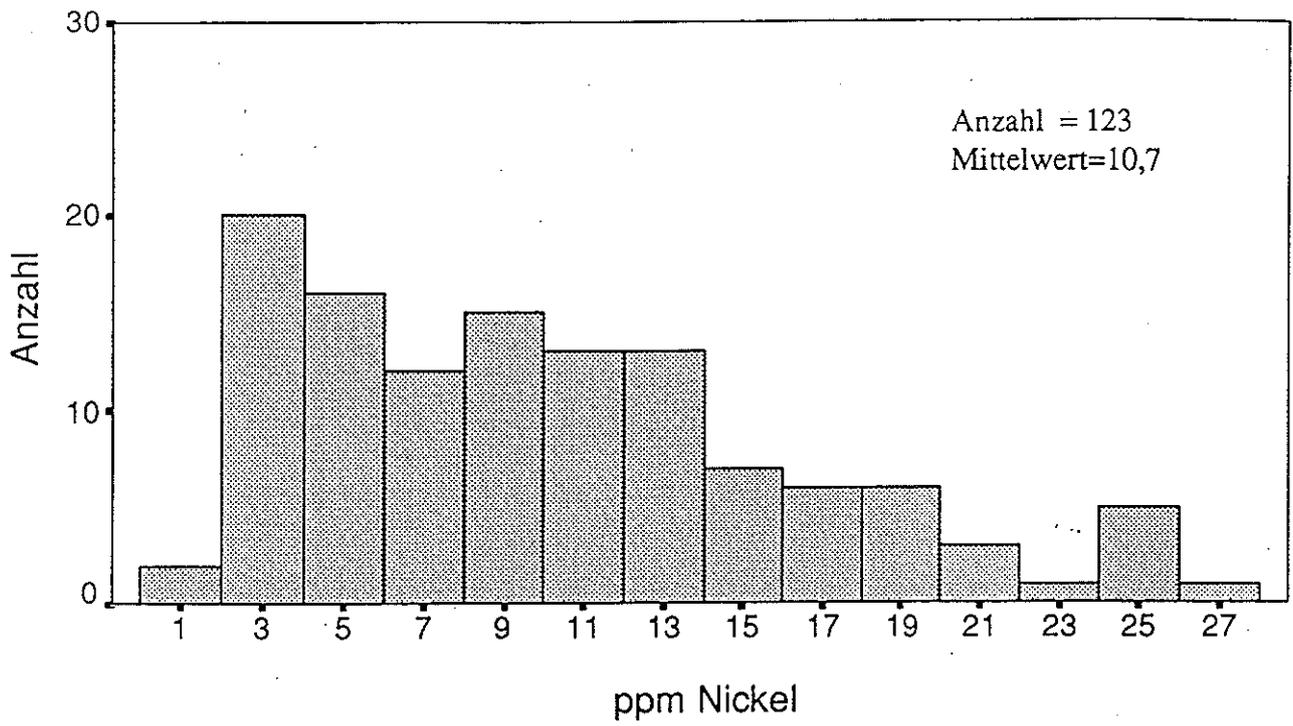
Gülle



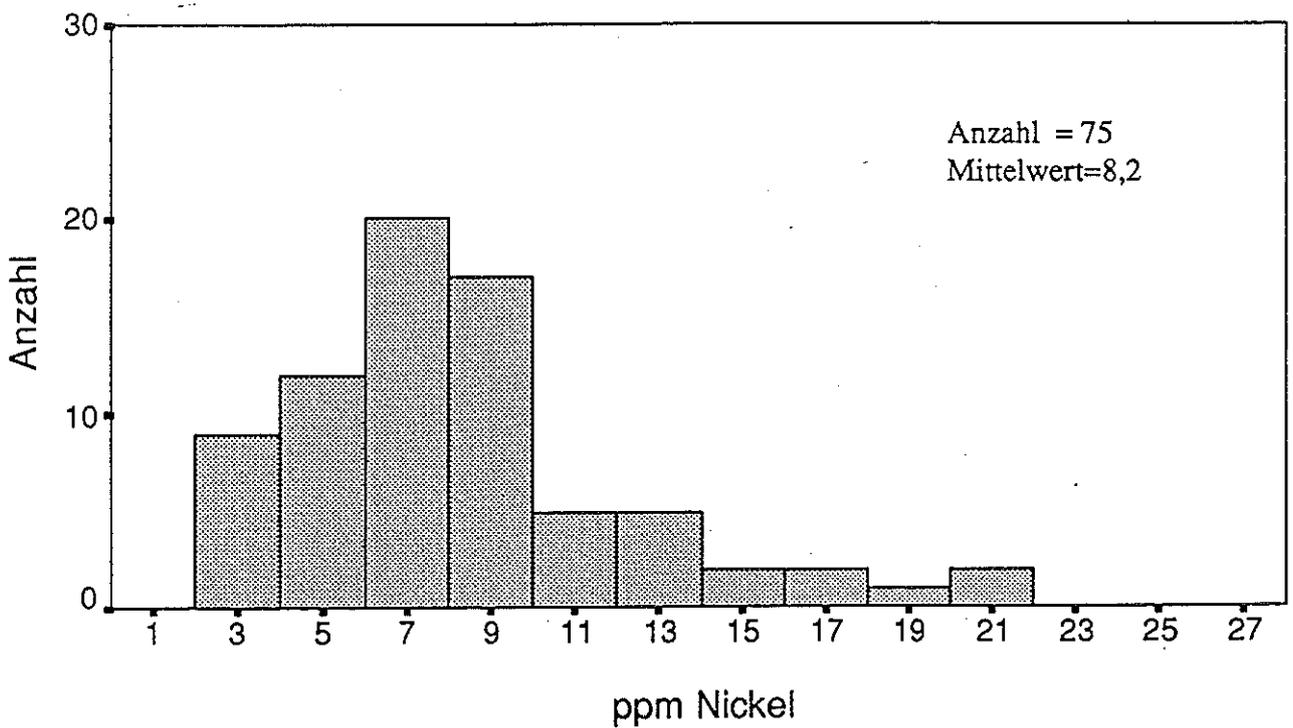
Mist



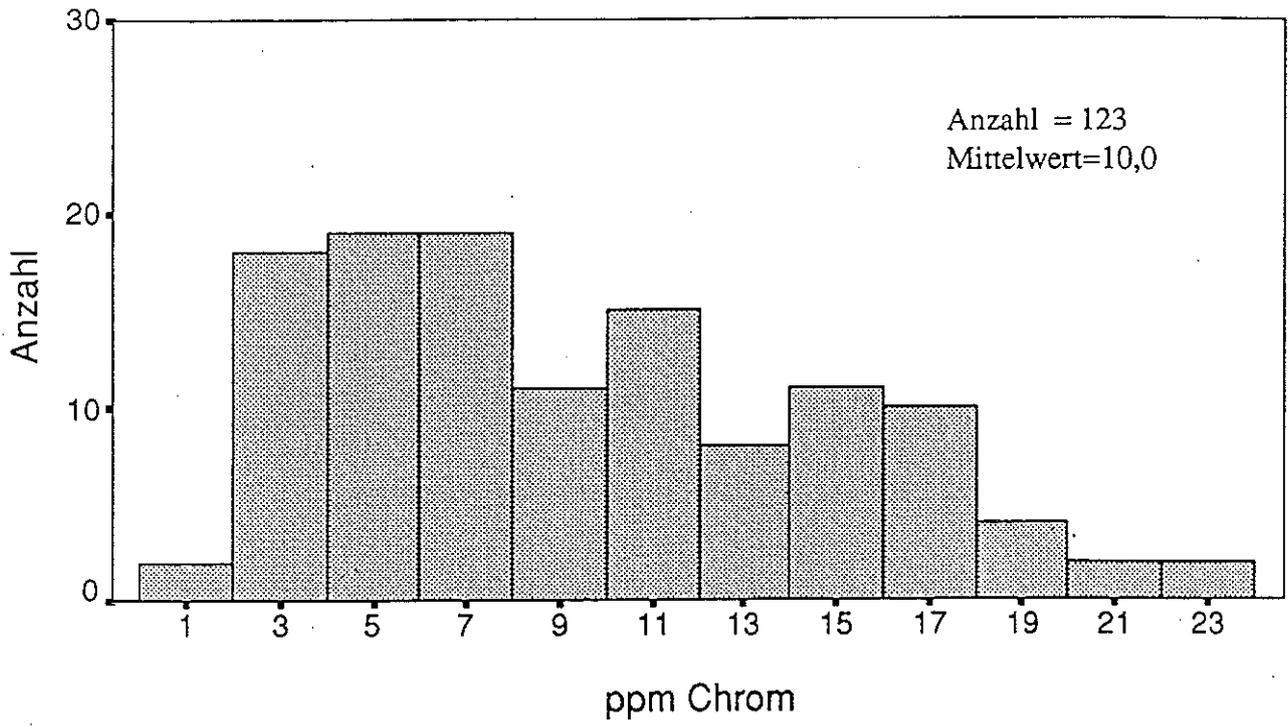
Gülle



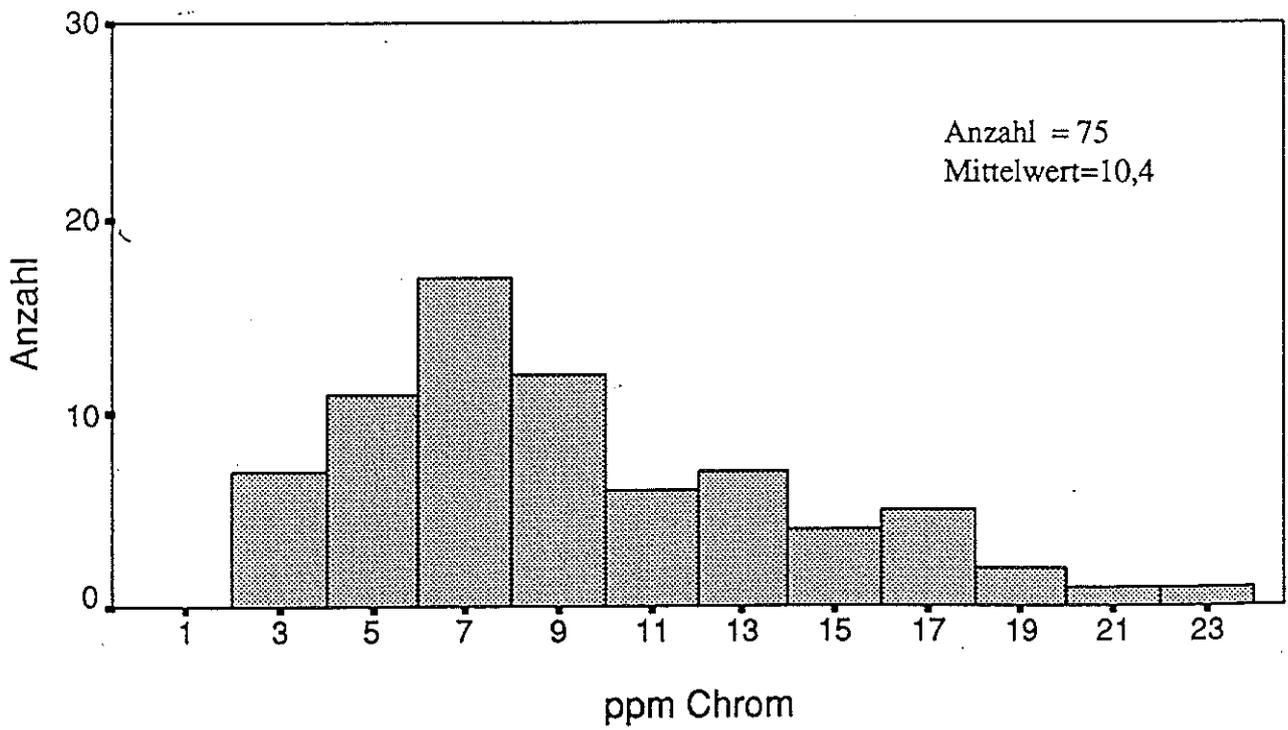
Mist



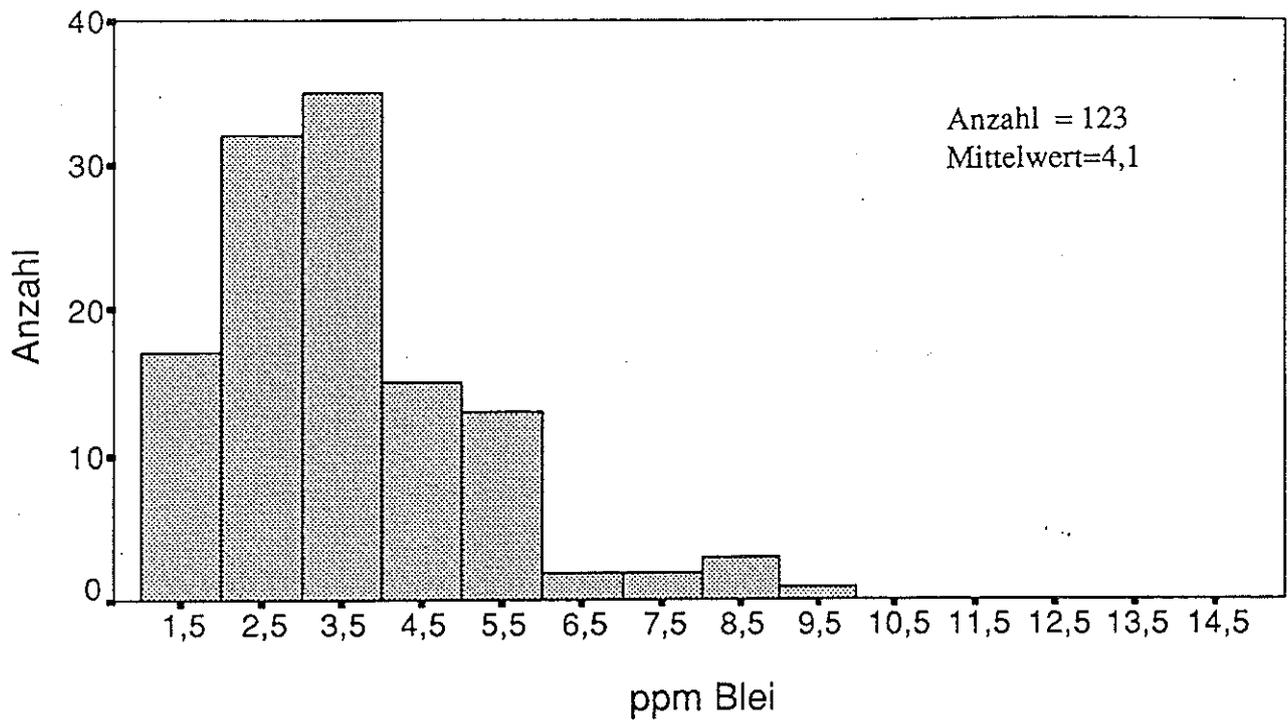
Gülle



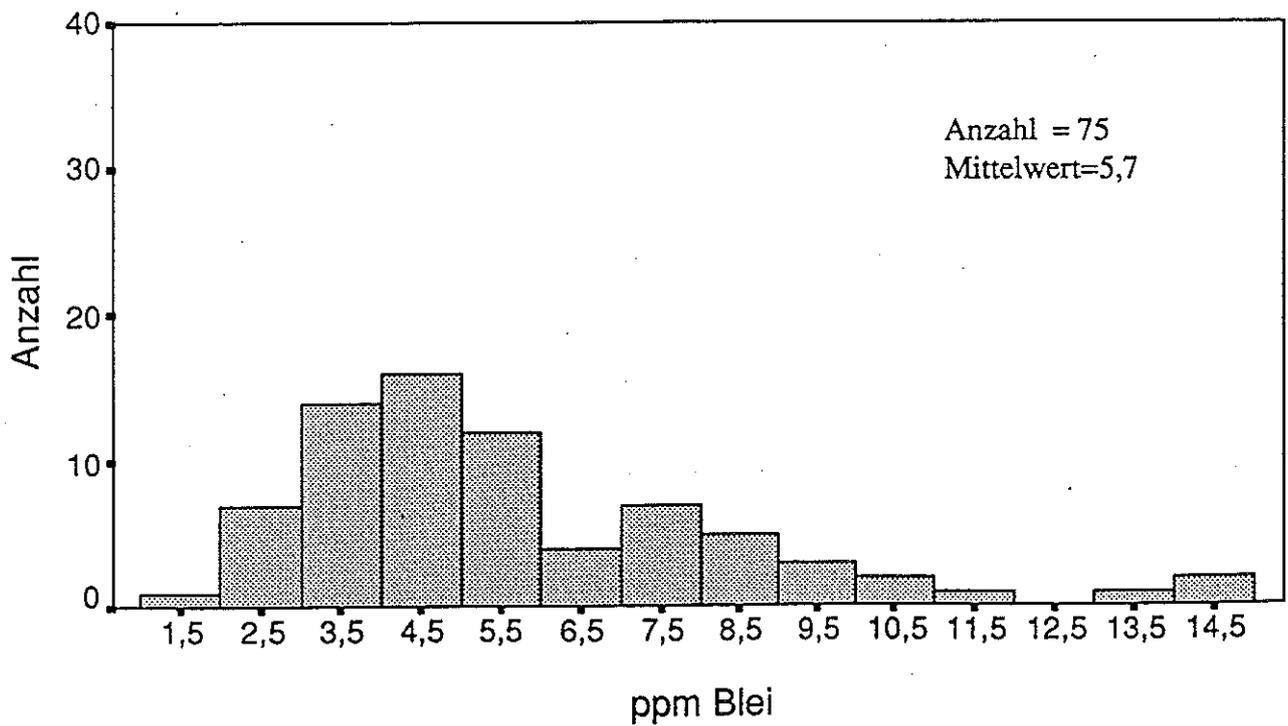
Mist



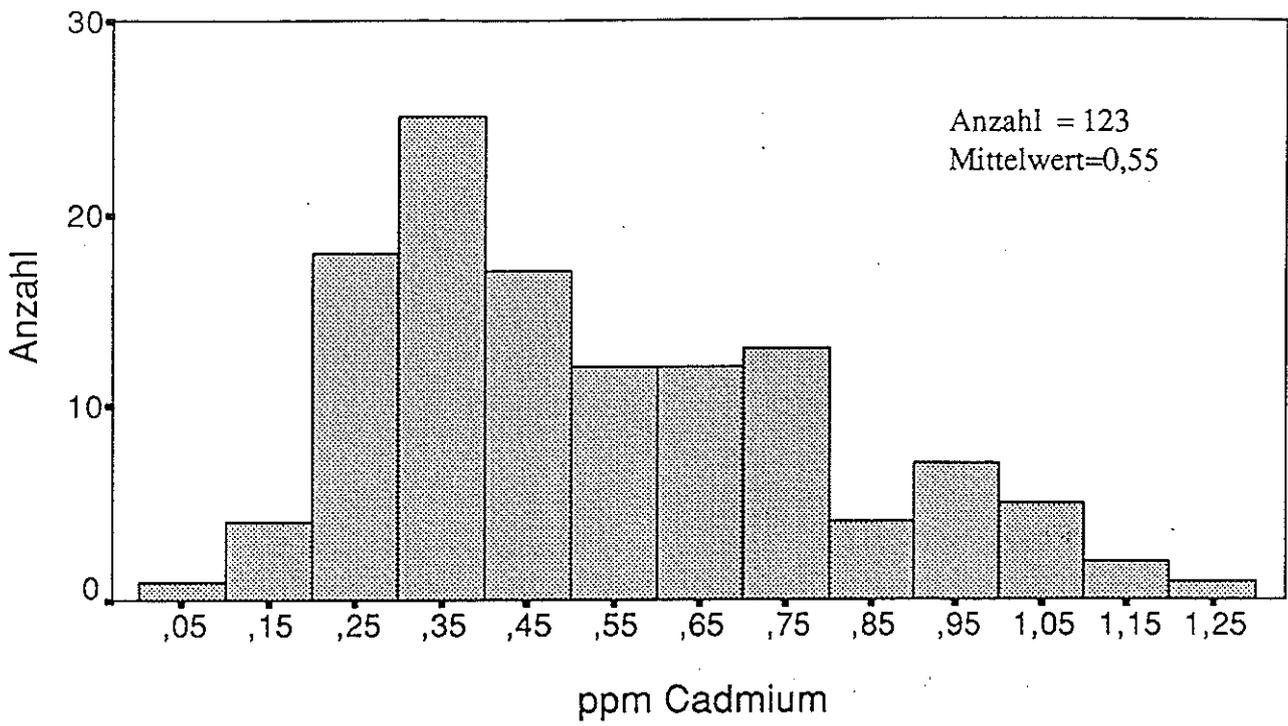
Gülle



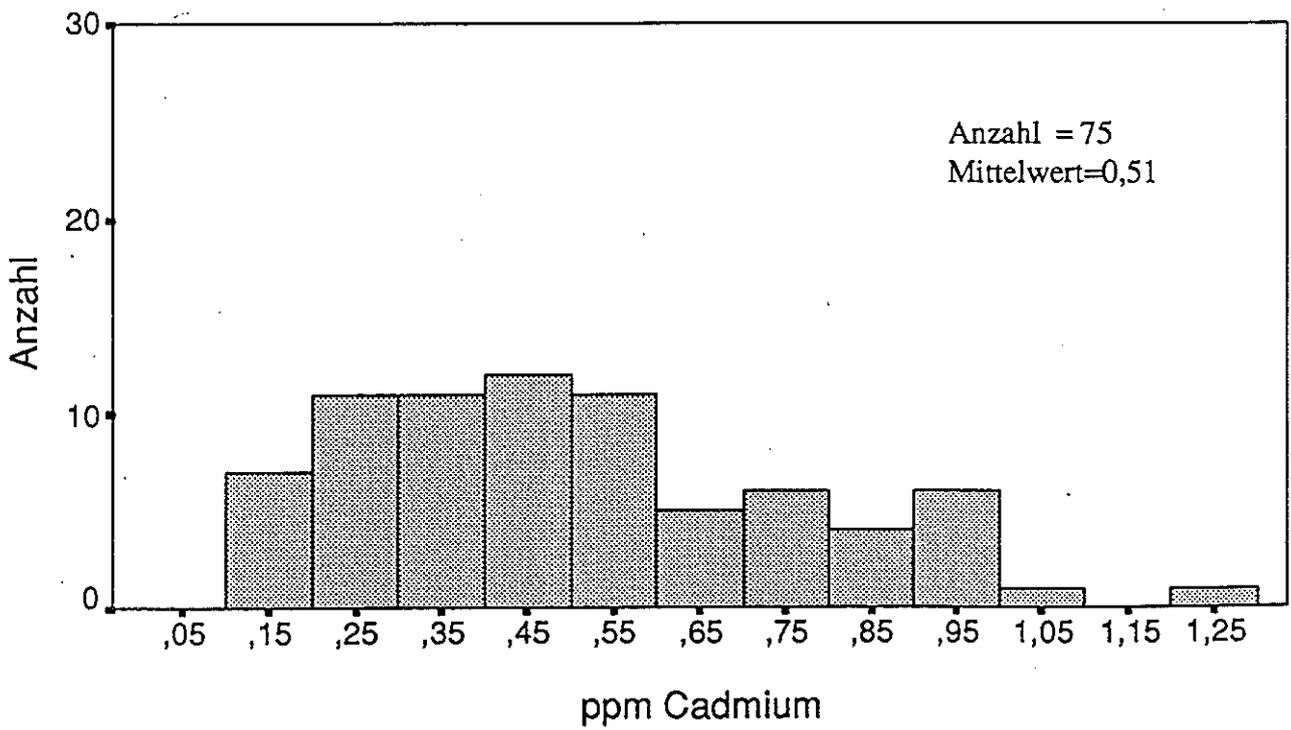
Mist



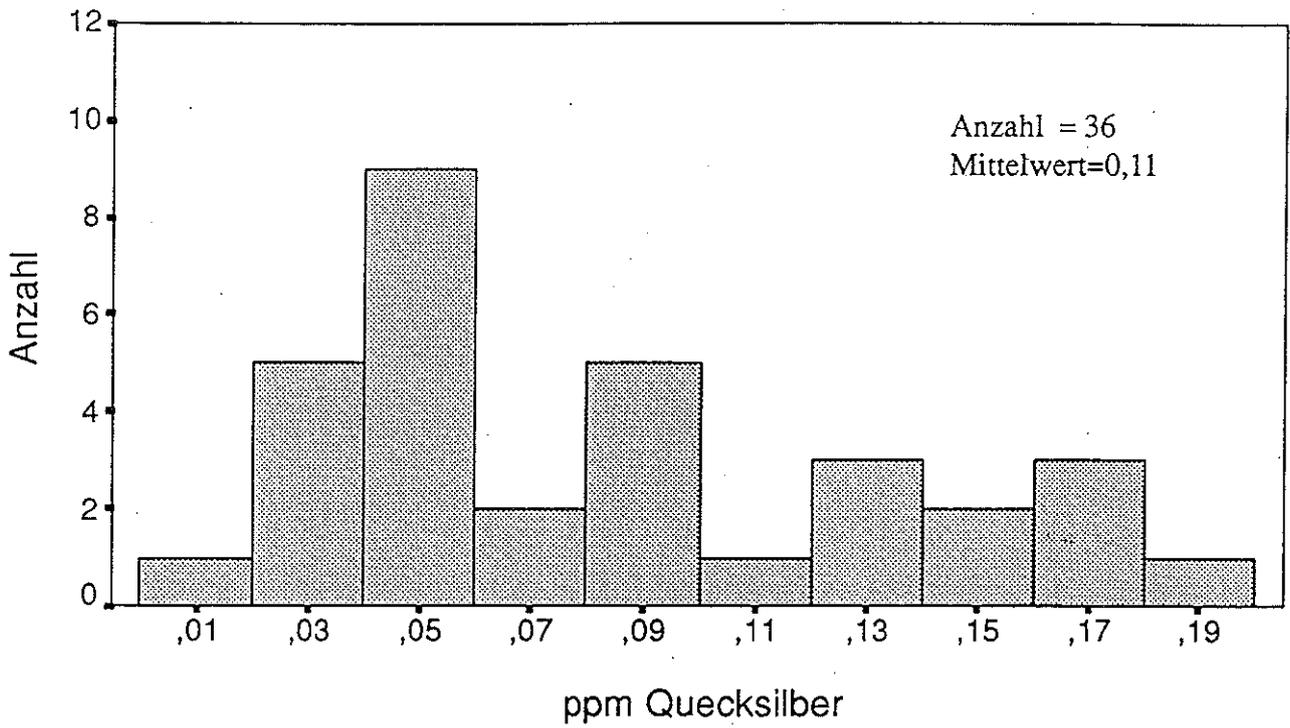
Gülle



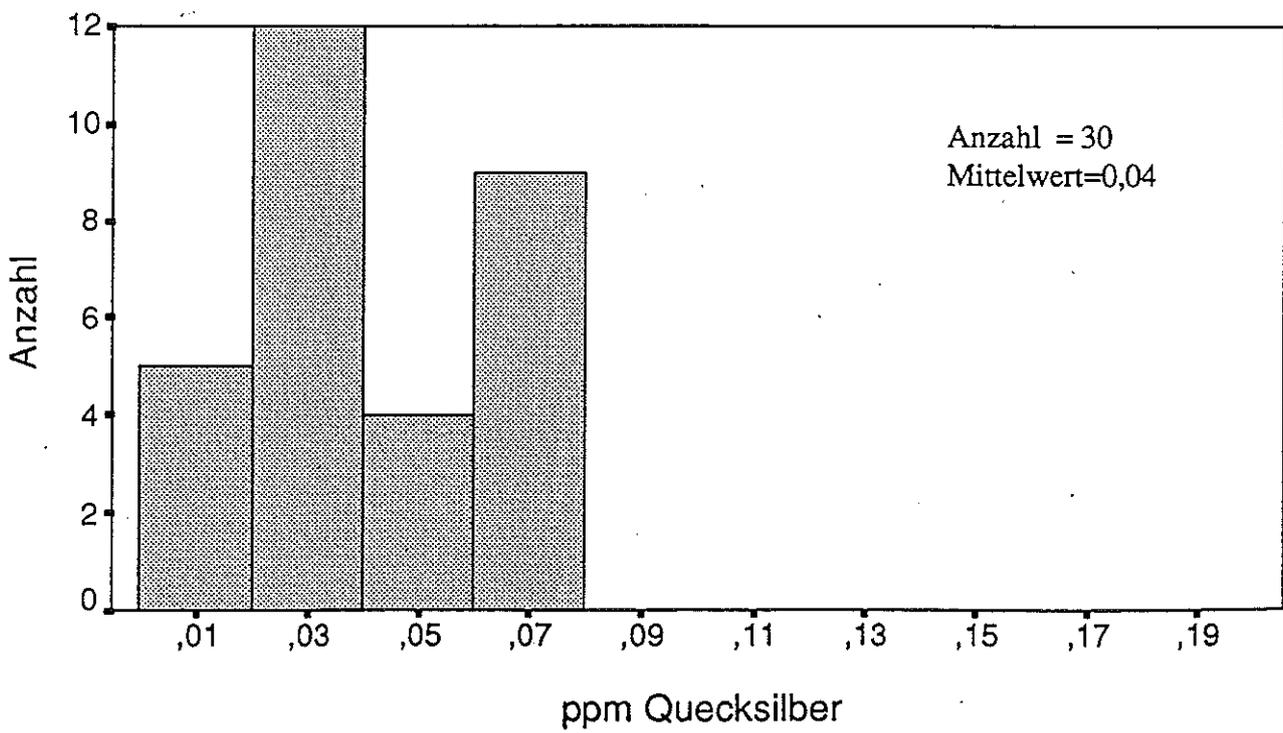
Mist



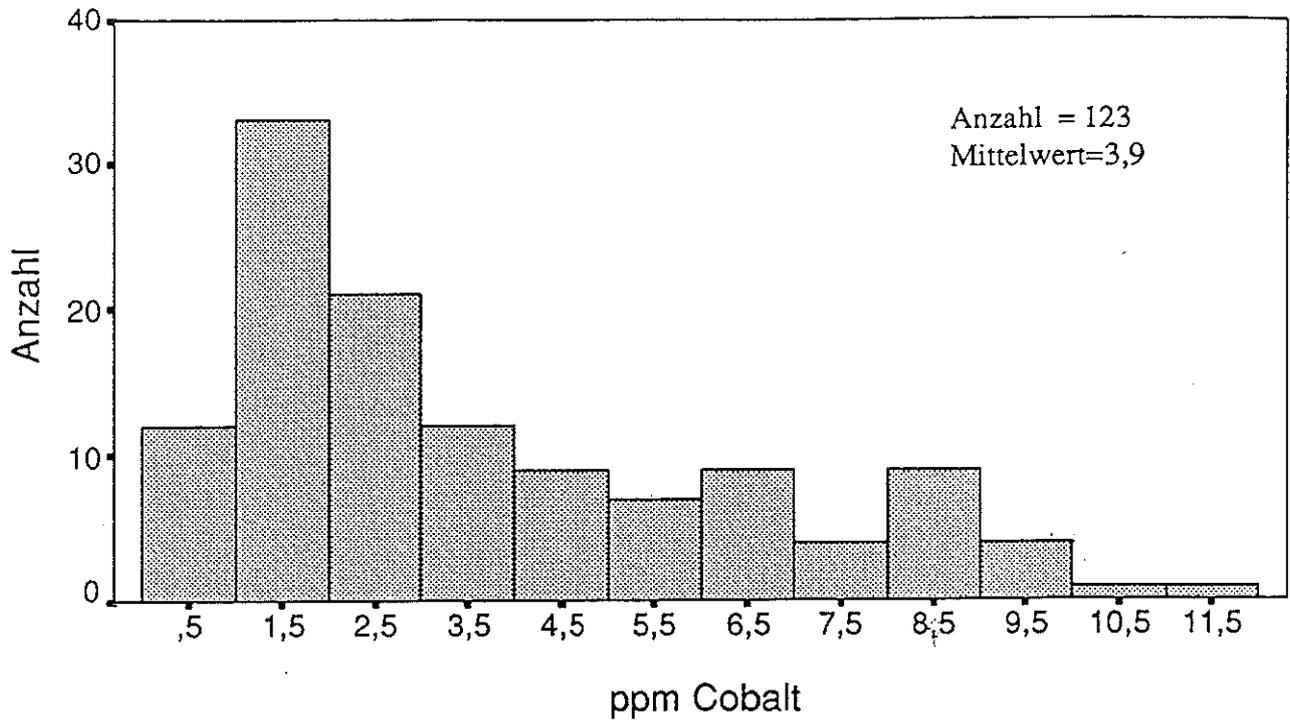
Gülle



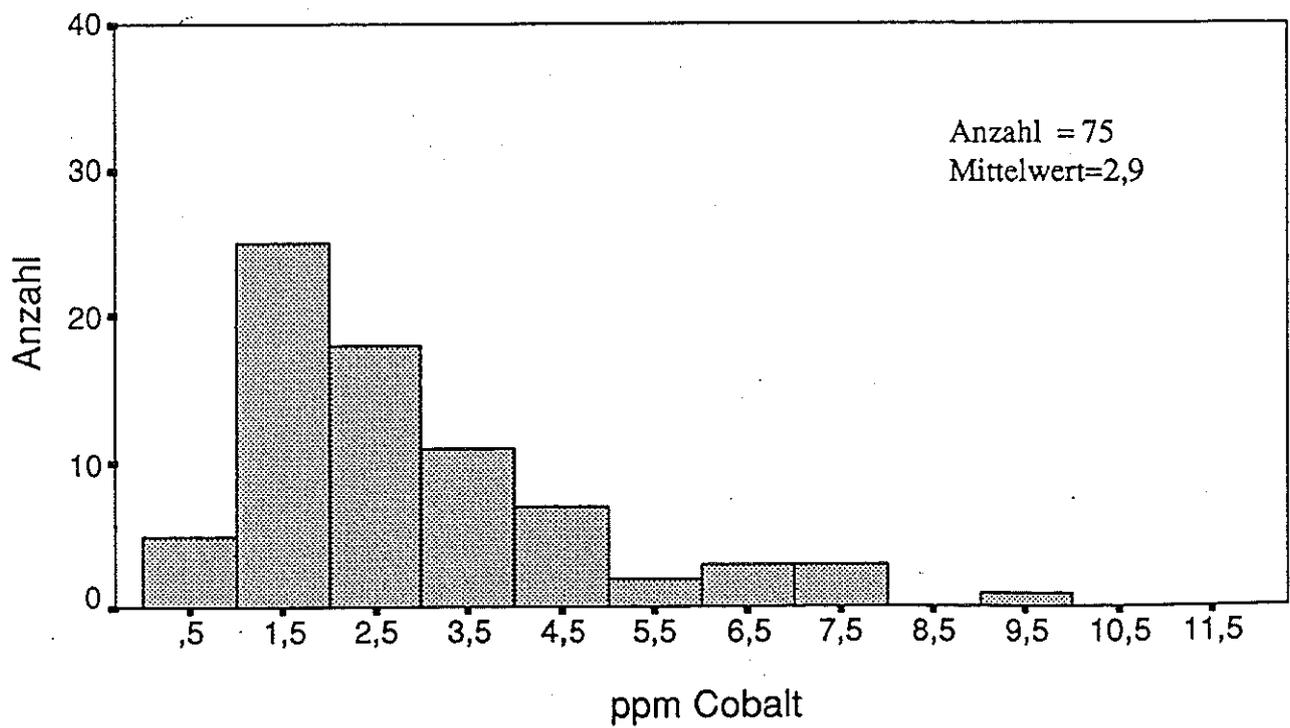
Mist



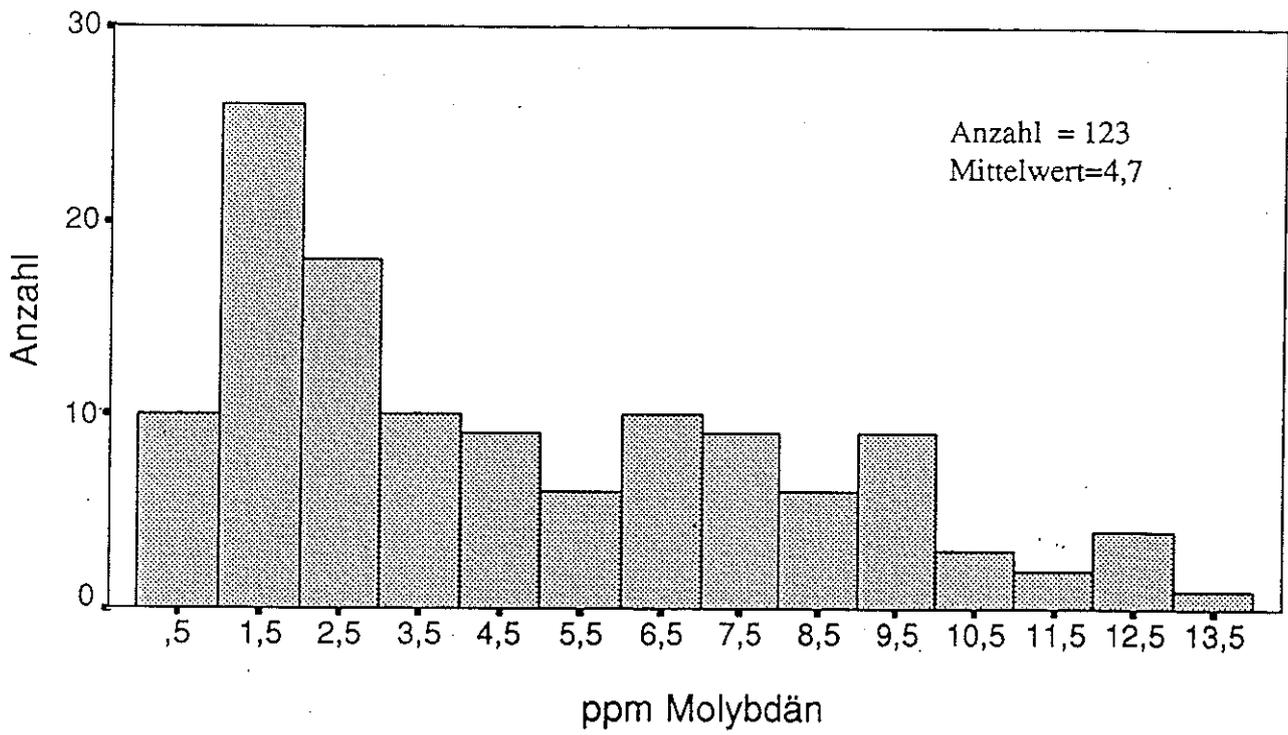
Gülle



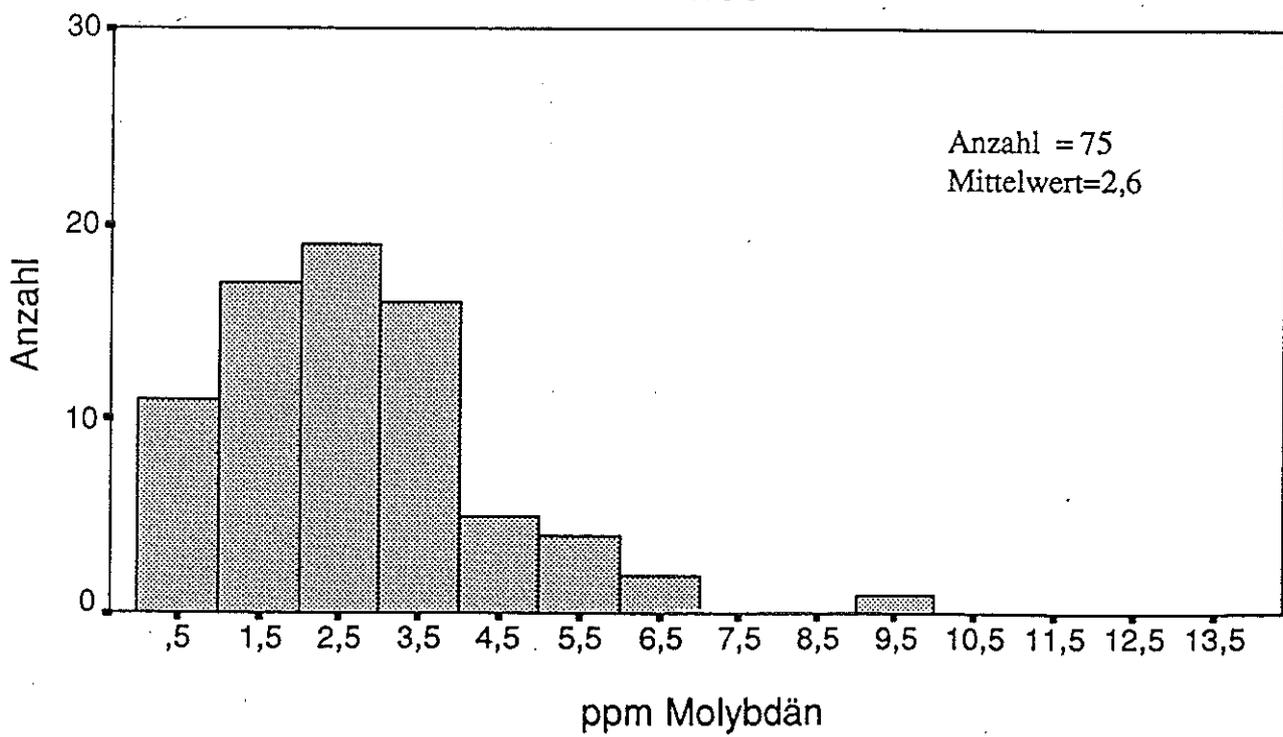
Mist

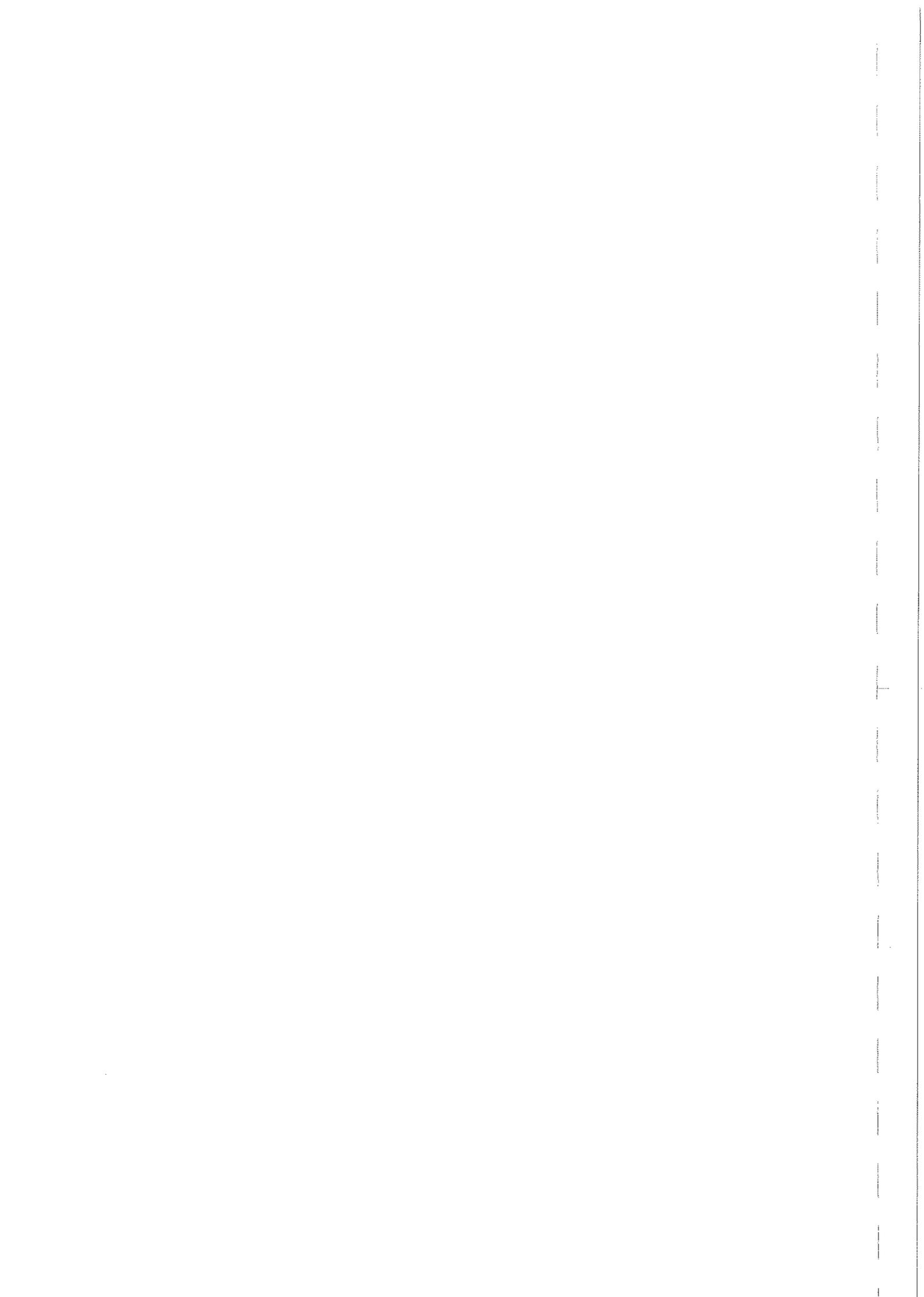


Gülle



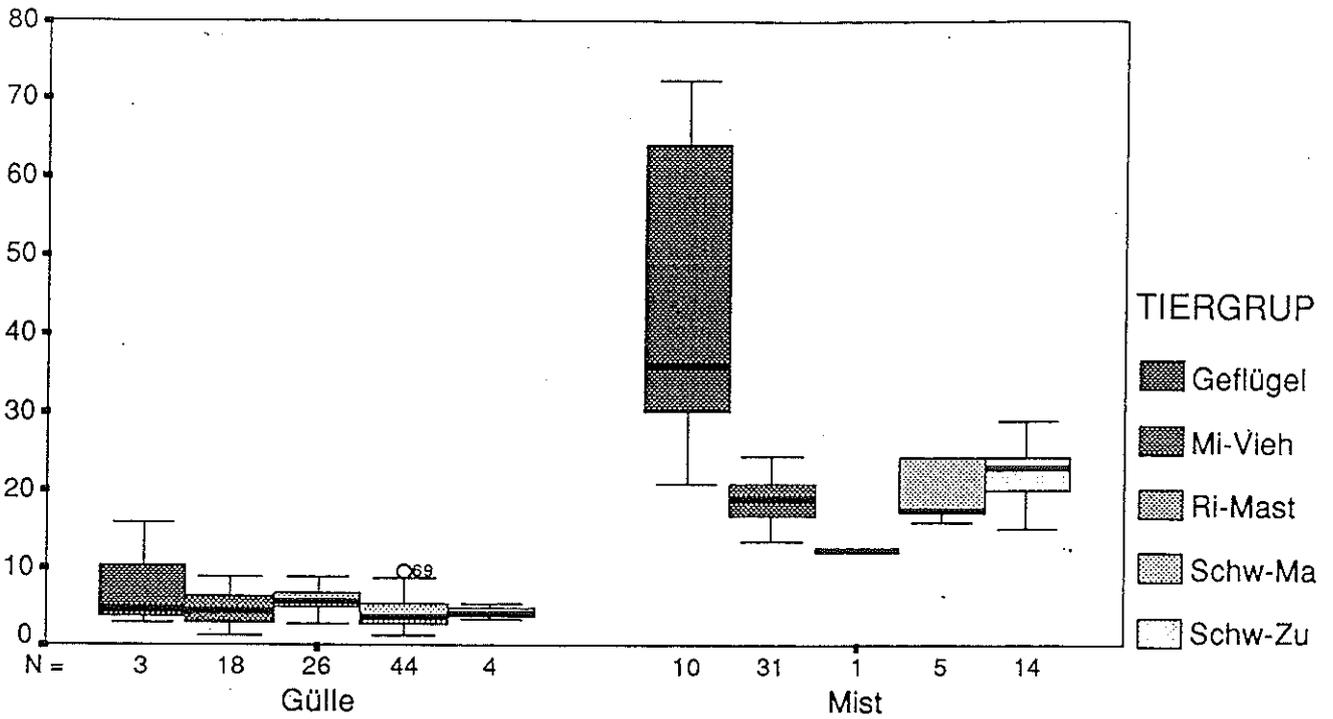
Mist



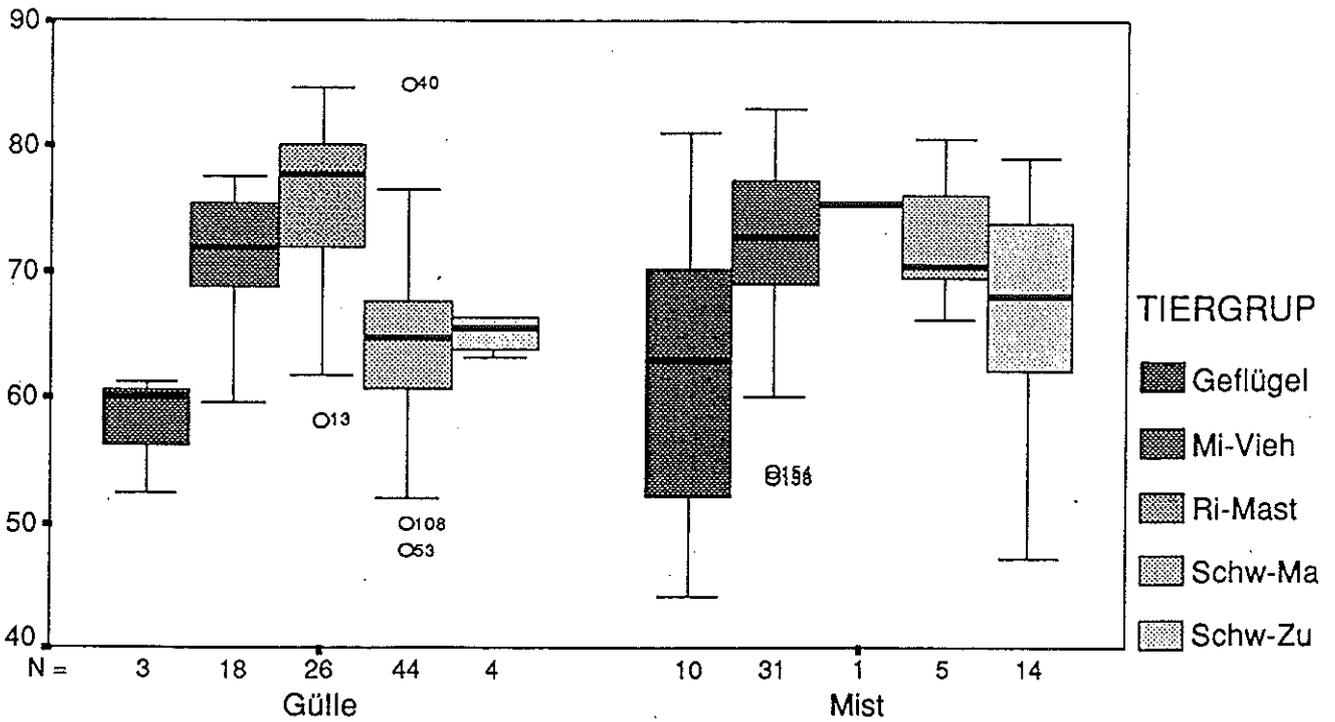


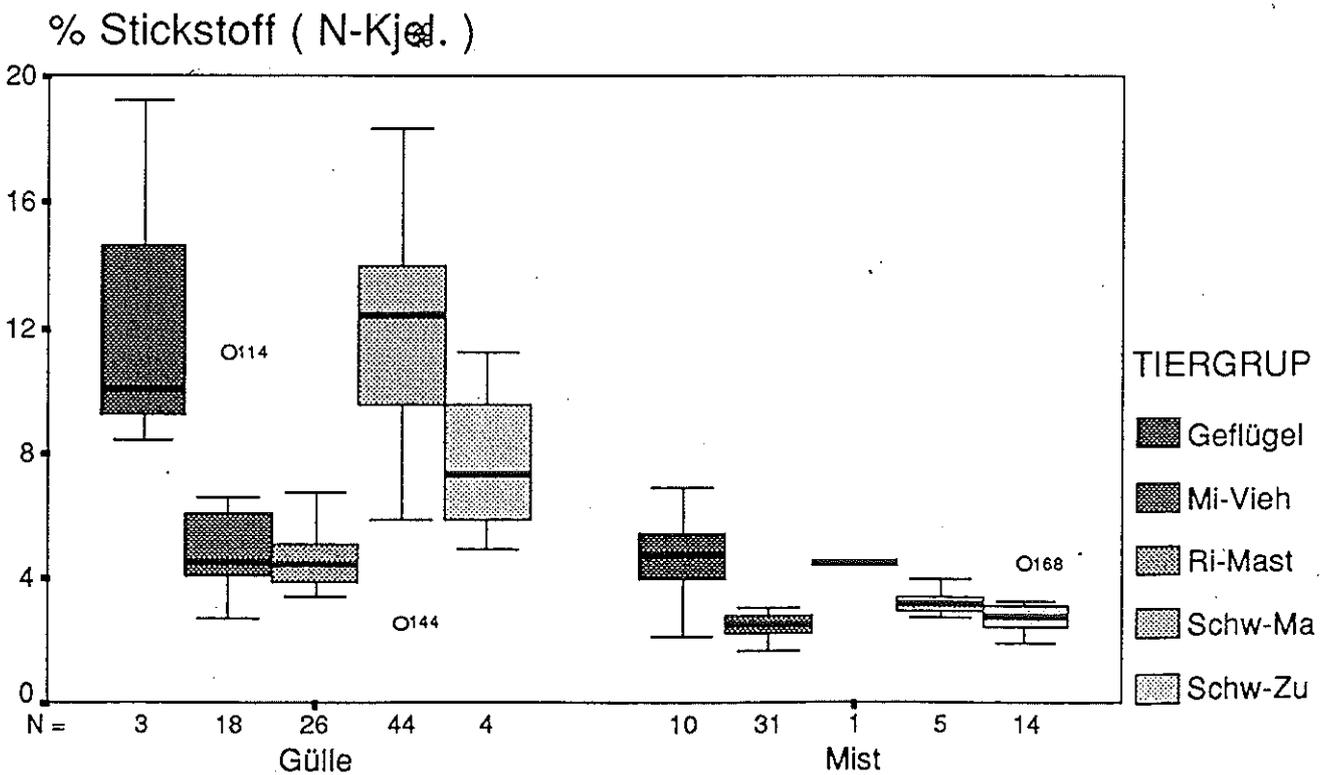
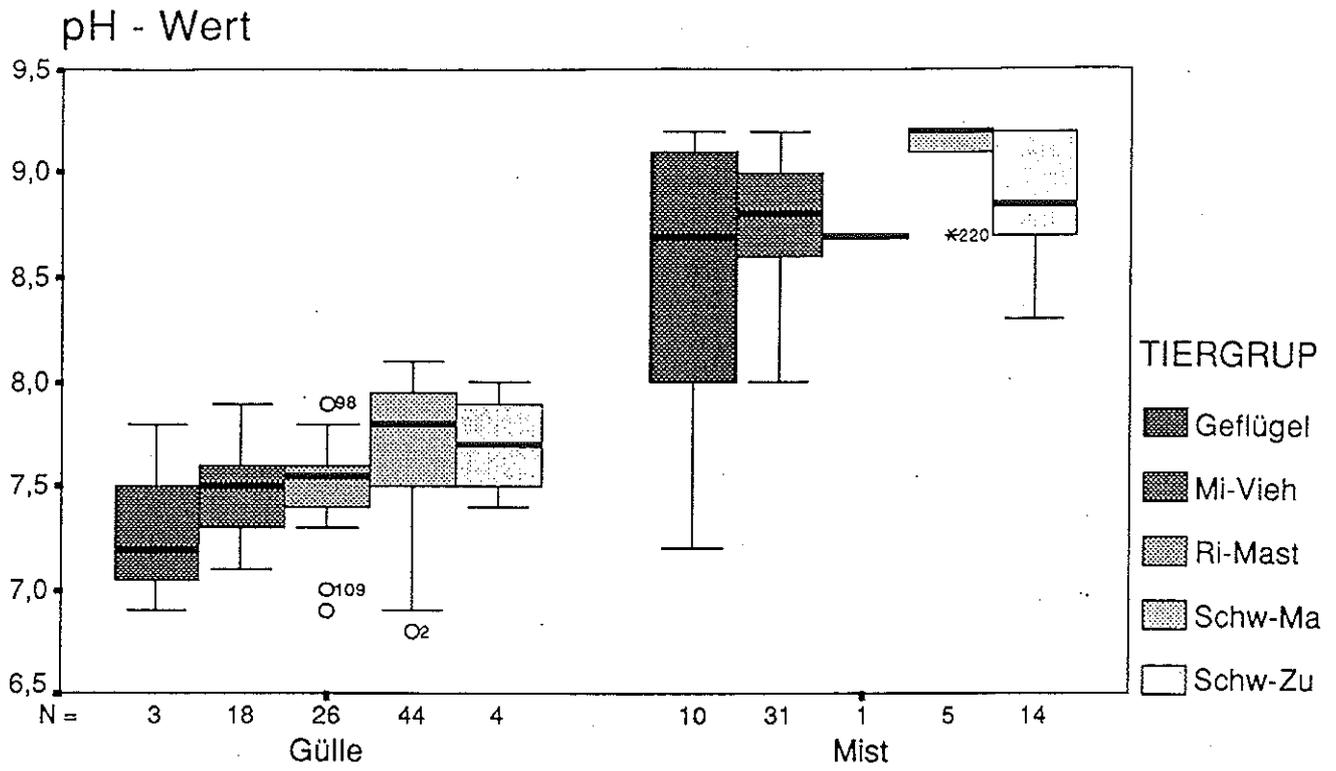
B) Graphische Darstellung der mittleren und häufigsten
Analysenwerte von Wirtschaftsdüngerproben
unterschiedlicher Tiergruppen (Boxplots)

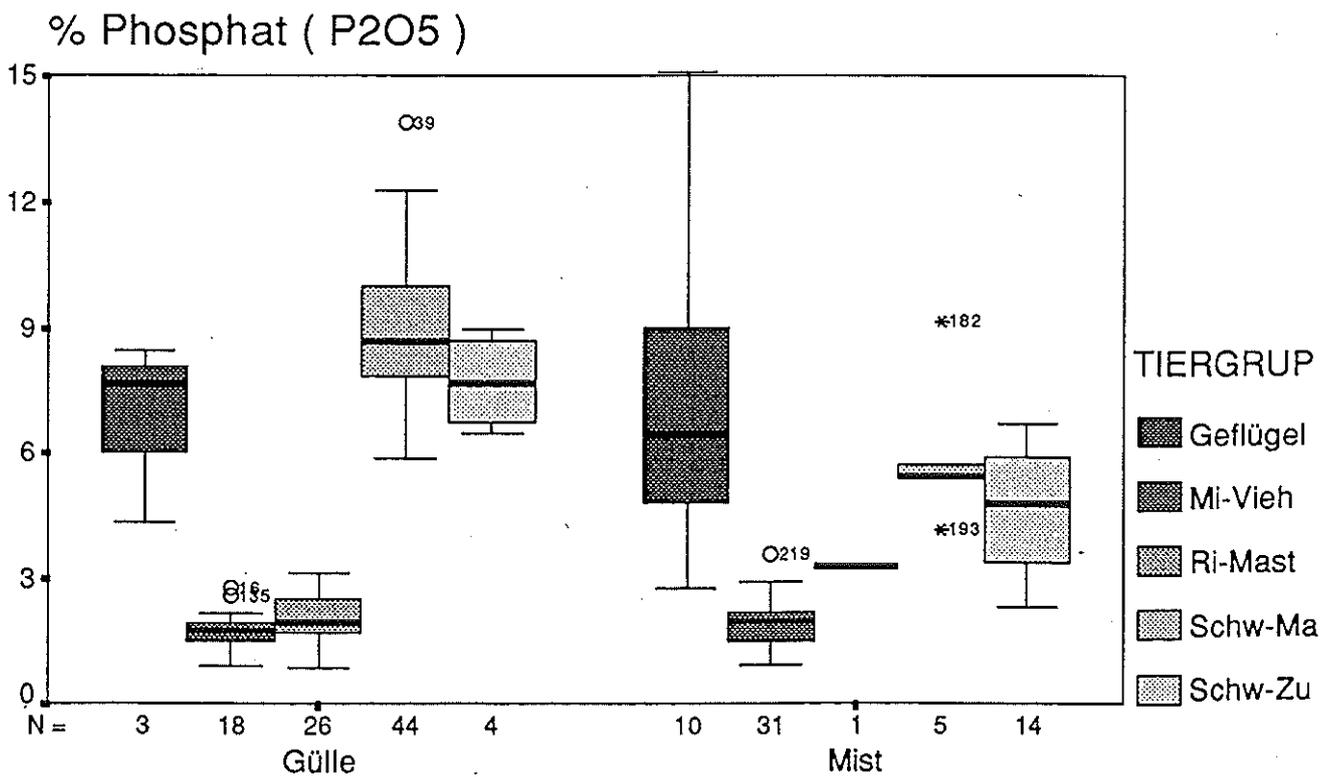
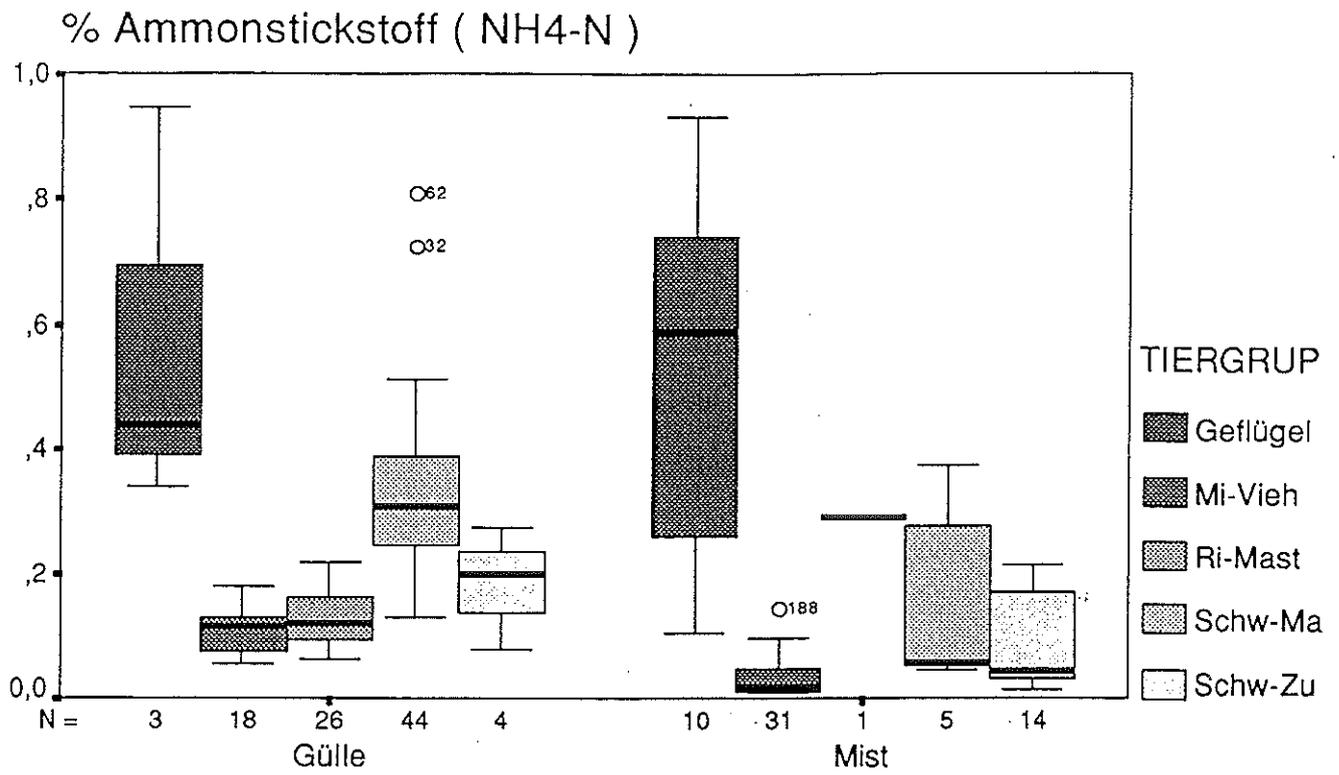
% Trockensubstanz



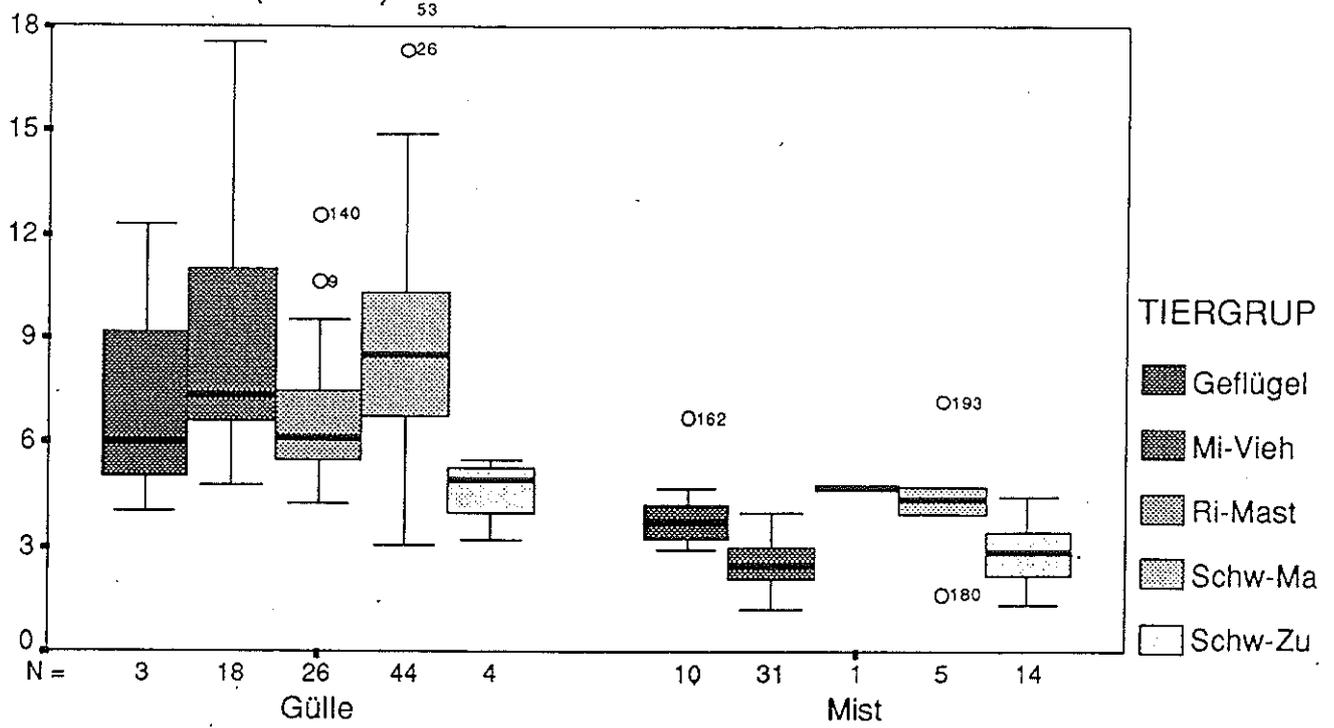
% organische Substanz







% Kalium (K₂O)



% Calcium (Ca O)

